

RESPUESTA DE SUELOS DEL CENTRO DE INVESTIGACION
CARIBIA A LAS APLICACIONES DE AZUFRE



AUTORES

EVER ENRIQUE CUELLO DAZA

EDUARD GUENADIS GUERRA DIAZ

MEMORIA DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO

Director de memoria de grado
ELIECER CANCHANO NIEBLES I.A.

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
SANTA MARTA

1995

7
IA 00348

118921



LOS JURADOS EXAMINADORES DE LA PRESENTE MEMORIA
DE GRADO NO SE HARAN RESPONSABLES DE LOS CONCEPTOS Y
JUICIOS EMITIDOS POR LOS ASPIRANTES AL TITULO

NOTA DE ACEPTACION Se califica como "Aprobada"


JORGE GALDAN REYES I.A.
Jurado


GILBERTO GOMEZ BARROS I.A.
Jurado

DEDICO A:

La memoria de mi padre MOISES CUELLO, a mi madre EVANGELINA DAZA, quien con esfuerzo y dedicación me apoyó en mis estudios.

Mis hermanos CHELALO, DEISY, MELIDA, DIOMEDES, ARGEMIRO, NERYS, JOSE Y NULVIS. A quienes con orgullo entrego hoy el fruto de mi dedicación y esmero.

Mi novia MARTHA.

Las familias MARTINEZ RUIZ, CAMPO CERCHAR Y CERCHAR CEBALLOS.

Todas las personas que de una u otra forma contribuyeron y apoyaron la culminación de mis estudios y el logro de verme realizado como profesional.

EVER

DEDICO A:

La memoria de mi padre ALBERTO, a mi madre CARMEN, a CESAR, AYDEE y JACINTA. Quienes con su esfuerzo y apoyo moral contribuyeron a culminar la meta propuesta.

Mis hermanos, EBANYS, AYDEE, HOUARIS. A quienes con gran satisfacción les dedico hoy el resultado de mi anhelado triunfo.

Mi hija KEYLA LISSETH.

Mis sobrinos FRANK STIVEN, STEPHANIE PAOLA y LUIS ALBERTO.

Mis tios AYDA, GUILLERMO (Q.E.P.D), mis primos YOVANYS, IVANOTH, EDWIN, GENARO.

Mis cuñados HECTOR y MARTHA.

MAYOLIS ARRIETA DAVILA.

Mis amigos JAIR, ALVARO, JAIRO, QUAKER, ROBE, CARLOS,

ARMANDO, GABRIEL, RAMIRO, HERNANDO.

Mis compañeros.

Todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la feliz culminación de verme realizado como profesional.

EDUARD

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo de investigación, expresan sus sinceros agradecimientos a las siguientes personas y entidades, por la colaboración prestada para la realización y feliz término de dicho trabajo:

ELIECER CANCHANO NIEBLES I.A., Director de memoria de grado.

JORGE GADBAN REYES I.A., Jurado del presente trabajo.

GILBERTO GOMEZ BARROS I.A., Jurado del presente trabajo.

RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A. M.Sc.

RUBEN ROCHA, Auxiliar laboratorio de suelos de la Universidad del Magdalena.

MAYOLIS ARRIETA DAVILA, Economista Agrícola de la Universidad del Magdalena.

MARTHA CERCHAR CEBALLOS, Lic. Lenguas Modernas de la
Universidad del Magdalena.

PETRA MERCEDES NORIEGA.

Al cuerpo docente de la facultad de Ingenieria Agronómica
de la Universidad del Magdalena por su contribución en la
formación profesional y académica.

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.

MONOMEROS COLOMBO-VENEZOLANO S.A.

CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA
CORPOICA.

A todas aquellas personas y entidades que de una u otra
manera contribuyeron en la realización de esta
investigación.

LOS AUTORES

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES	3
2. MATERIALES Y METODOS	11
2.1. DESCRIPCION DEL AREA	11
2.1.1. Localización del ensayo	11
2.1.2. Características generales del área	11
2.1.3. Propiedades físicas y químicas del suelo	13
2.2. DESARROLLO DEL ENSAYO	14
2.3. PARAMETROS EVALUADOS	15
3. RESULTADOS Y DISCUSION	17
3.1. ALTURA DE PLANTA	17
3.2. MATERIA SECA	22
3.3. GROSOR DEL TALLO	29
3.4. RAIZ	34
3.5. DOSIS	38
4. CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFIA	50
ANEXOS	53

LISTA DE TABLAS

Pág.

TABLA 1.	Altura de plantas de sorgo en cm. en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria CORPOICA.	18
TABLA 2.	Altura de plantas de sorgo en cm. en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.	20
TABLA 3.	Peso de materia seca en gr, de plantas de sorgo en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.	25
TABLA 4.	Peso de materia seca en gr, de plantas de sorgo, en suelos con contenido de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.	26
TABLA 5.	Grosor de plantas de sorgo en mm. en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.	31
TABLA 6.	Grosor de plantas de sorgo en mm, en suelos con contenido de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.	33
TABLA 7.	Peso de raíz en gr, de plantas de sorgo en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.	36

TABLA 8.	Peso de raíz en gr. de planta de sorgo, en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.	37
TABLA 9.	Comparación promedio de los parámetros evaluados en plantas de sorgo en suelos con contenido de 0-6 ppm de S en suelos del C.I. Caribia de CORPOICA.	39
TABLA 10.	Comparación promedio de los parámetros evaluados en plantas de sorgo en suelos con contenido de 6-12 ppm de S en suelos del C.I. Caribia CORPOICA.	40
TABLA 11.	Correlaciones de azufre foliar obtenidas en suelos con contenido de 0-6 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.	43
TABLA 12.	Correlaciones de azufre foliar obtenidas en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.	44
TABLA 13.	Resultados del análisis foliar en el cultivo del sorgo.	46
TABLA 14.	Análisis final de suelos.	47

LISTA DE FIGURAS

Pág.

- FIGURA 1. Correlación azufre foliar por altura al utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA. 23
- FIGURA 2. Correlación azufre foliar por materia seca al utilizar azufre en flor en suelos con contenido de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA. 30
- FIGURA 3. Correlación dosis de Sulfato de Amonio por azufre foliar obtenido en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA. 42

LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO A.	Análisis de varianza para altura de plantas de sorgo a los 45 días de germinado el cultivo en suelos del C.I. Caribia de CORPOICA.	54
ANEXO B.	Promedio de la altura de plantas para cada una de las dosis utilizadas en dos series de suelos del C.I. Caribia de CORPOICA.	55
ANEXO C.	Análisis de varianza para peso de materia seca en plantas de sorgo a los 45 días de germinado el cultivo en suelos del C.I. Caribia de CORPOICA.	56
ANEXO D.	Promedio del peso materia seca para cada una de las dosis utilizadas en dos series de suelos del C.I. Caribia de CORPOICA.	57
ANEXO E.	Correlación azufre foliar por altura al utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	58
ANEXO F.	Correlación azufre foliar por altura al utilizar azufre en flor en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	59
ANEXO G.	Correlación azufre foliar por altura al utilizar azufre en flor en suelos con contenido de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	60
ANEXO H.	Correlación azufre foliar por materia seca al utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	61

ANEXO I.	Correlación azufre foliar por materia seca al utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	62
ANEXO J.	Correlación azufre foliar por materia seca al utilizar azufre en flor en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	63
ANEXO K.	Correlación azufre foliar por grosor de tallo al utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	64
ANEXO L.	Correlación azufre foliar por grosor de tallo al utilizar Sulfato de Amonio de suelos con contenido de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	65
ANEXO M.	Correlación azufre foliar por grosor de tallo al utilizar azufre en flor en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	66
ANEXO N.	Correlación azufre foliar por grosor de tallo al utilizar azufre en flor en suelos con contenido de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	67
ANEXO O.	Correlación dosis de Sulfato de Amonio por azufre foliar en suelos con contenido de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	68
ANEXO P.	Correlación dosis de azufre en flor por azufre foliar en suelos con contenido de 0-6 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	69
ANEXO Q.	Correlación dosis de azufre en flor por azufre foliar en suelos con contenido de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.	70

RESUMEN

Con la presente investigación se realizó un estudio, para evaluar la respuesta de dos series de suelos del Centro de Investigación Caribia a diferentes dosis de azufre, a nivel de invernadero en la granja de la Universidad del Magdalena, Municipio de Santa Marta, Departamento del Magdalena, Colombia.

El Centro de Investigación Caribia se encuentra ubicado entre las coordenadas $74^{\circ}07'$ y $74^{\circ}12'$ de longitud Oeste y $11^{\circ}11'$ y $11^{\circ}15'$ de latitud Norte.

Presenta una topografía plana, con una altura promedio de 7 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 29°C , humedad relativa de 72% a 74% y una precipitación de 800 mm anuales.

El diseño estadístico usado, fue el de parcelas subsubdivididas, utilizando dos series de suelo; una con 0-6 partes por millón de azufre y la otra con 6-12 ppm de

azufre; dos fuentes de azufre, sulfato de amonio y azufre en flor; y cuatro dosis a saber.

t= 0 Kg de Azufre/Ha.

a= 36 Kg de Azufre/Ha.

b= 48 Kg de Azufre/Ha.

c= 60 Kg de Azufre/Ha.

Como planta indicadora se utilizó la variedad de sorgo **ICAIMA** (Sorghum bicolor, L. Moench). Las materas fueron fertilizadas 3 días antes de la siembra, la emergencia ocurrió días después de la siembra; las materas se regaron con agua destilada. Las plantas se cosecharon para los respectivos análisis a los 45 días de germinadas.

Los resultados de la presente investigación fueron los siguientes:

La mayor altura de la planta (116,2 cm), peso de materia seca (13,75 gr), grosor del tallo (16,60 mm) y peso de raíz (2,53 gr), se lograron al aplicar 60 kg de azufre por hectárea, usando como fuente azufre en flor en la serie de suelos con 0-6 ppm.

INTRODUCCION

La fertilización es uno de los factores más importantes que requiere toda explotación agrícola, con el propósito de aumentar los rendimientos y mejorar la calidad de la producción. Cuando los suelos presentan deficiencias de algunos elementos esenciales para su normal desarrollo, la fertilización se convierte en una práctica necesaria para la obtención de altos rendimientos.

Cuando existen deficiencias de azufre en el suelo, y cuando el cultivo es exigente en éste elemento, como es el caso del sorgo, se hace necesario realizar una fertilización con dicho elemento para satisfacer las necesidades de la planta y lograr un buen desarrollo en el cultivo. Pero ha de tenerse en cuenta otro factor como las fuentes a utilizar dependiendo de las características del suelo, para que el efecto que se desea obtener sea el más adecuado y trate de mantener el equilibrio entre la explotación agrícola y la conservación de los niveles nutricionales del mismo.

y trate de mantener el equilibrio entre la explotación agrícola y la conservación de los niveles nutricionales del mismo.

Se ha comprobado que el tenor de azufre es fundamental para el desarrollo y producción de los cultivos, esto es debido a que el azufre es uno de los seis elementos constituyentes esenciales en el metabolismo de las plantas, como componente de aminoácidos, tales como Cistina, Cisteina, y por otra parte es esencial para el proceso respiratorio de la planta.

En lo que concierne al efecto de la fertilización con azufre en los suelos del Centro de Investigación Caribia de CORPOICA, se evaluaron dos fuentes (azufre elemental y sulfato de amonio), para determinar cual de los suelos utilizados (0-6 ppm de S y 6-12 ppm de S), responde mejor a las fuentes y dosis empleadas.

Se espera que los resultados encontrados sean una valiosa información para colocar el azufre como elemento importante en las fertilizaciones normales de estos suelos.

1. ANTECEDENTES

El azufre es uno de los nutrimentos secundarios esenciales en la nutrición vegetal y es requerido por los cultivos en cantidades apróximadamente iguales a las del fósforo (2). El efecto del azufre en la planta está directamente relacionado con la presencia y concentración de otros elementos nutritivos en el suelo. Por lo tanto hay posibilidades de antagonismo y sinergismo (18).

El azufre se encuentra en la atmósfera como dióxido, ácido sulfúrico, sulfato, ácido sulfhídrico y metil mercaptano. Cerca del 70% del SO_2 se origina en la combustión de carbón, petróleo y gas, 16% en los humos de los motores de combustión, 4% de las refinerías del petróleo y 10% de las fundiciones metalúrgicas (21). A esas fuentes se debe agregar el producido por la quema de bosques y residuos de cosecha como el de la caña de azúcar. Por otro lado, hay también liberación a la atmósfera de formas reducidas de azufre contenido en la materia orgánica del suelo (13).

El azufre en el suelo se encuentra en formas orgánicas e inorgánicas. La proporción relativa de cada una de ellas depende del clima y de las propiedades de los suelos por lo general, en zonas áridas predominan los sulfatos precipitados como el Ca, Mg, Na y K; mientras en climas húmedos las formas orgánicas adquieren mayor importancia (19).

El azufre orgánico presente en la materia orgánica proviene de los residuos vegetales y animales recién caídos al suelo. Consiste en su mayor parte de proteínas, aminoácidos (cisteína, cistina y metionina), péptidos (glutamina, tiamina, biotina), tiocianatos (mercaptano, taninas) y otros compuestos sulfurados (5).

Según Fassbender (5), la mayor parte del azufre inorgánico ocurre en forma de sulfato, sólo en el caso de anaerobismo como en suelos anegados y pantanosos se presenta en los suelos sulfurosos como la pirita (FeS_2). Generalmente al restablecerse las condiciones aeróbicas los sulfuros son transformados rápidamente a sulfatos. En suelos bien aireados solo hasta el 1% del azufre inorgánico se presenta como sulfuro.

La meteorización es un fenómeno muy importante por el cual el azufre de los minerales sulfurosos es transformado a

iones sulfatos, forma aprovechable por las plantas. La velocidad con que pasan los sulfuros a formas oxidadas depende de los factores de la meteorización como humedad y temperatura principalmente, por eso, este proceso es rápido en el trópico (2).

El contenido de azufre en los suelos minerales varia entre 0,02 y 0,2%. Los suelos orgánicos presentan a veces contenido hasta el 1% de azufre, (6). En las regiones templadas el contenido de azufre disminuye al aumentar el grado de evolución del suelo (2).

Según Morris (16), los niveles de extracción de azufre por cosecha a nivel mundial se estima en 6 millones de toneladas de por año.

Blair (2), afirma que el aumento de las deficiencias de azufre en el trópico es consecuencia de su bajo contenido en el suelo y de disminución del uso de fertilizantes nitrógenados y fosforados que contienen azufre, los cuales están siendo sustituidos por fuentes de mayor concentración de nitrógeno y fósforo pero que no contienen azufre; también en un estudio sobre el azufre en los trópicos manifiesta que se han obtenido respuestas positivas a las aplicaciones de azufre en 40 países tropicales con 23 cultivos diferentes lo cual puede ser un

indicativo de la magnitud del problema.

Se calcula que en el área agrícola de America Latina, la pérdida de azufre por lixiviación es de 702.000 toneladas de S/año y las ligadas con erosión se acercan a 466.000 ton/S/año, lo que resulta en pérdidas totales que superan el millón de toneladas por año.

Tomando en cuenta que en la misma área se están aplicando alrededor de un millón de toneladas/año del elemento, el balance del azufre en la región considerada, sin tomar en cuenta adiciones por lluvia, arrojaría un deficit superior a las 600.000 ton/año. Sin embargo, en el nivel del trópico americano se ha planteado que la deficiencia de este elemento constituye el cuarto factor limitante en la productividad agrícola en el área (14).

En Colombia, según Pedraza y Lora (17), los mayores contenidos de azufre total se encuentran en los altiplanos de Pasto e Ipiales, llanura del Pacífico, Putumayo y Sabana de Túquerres; los menores contenidos corresponden a los suelos del Tolima. Por otra parte en la mayoría de los suelos de los Llanos Orientales, Nariño, Putumayo y Urabá, predominan ampliamente las formas de azufre inorgánico sobre las formas orgánicas. En cuanto al azufre disponible los menores contenidos se presentan en suelos

de Llanos Orientales, Huila, Urabá y algunos de Nariño.

Birch (1) anota que la cantidad de azufre total en los suelos de Colombia, no pasa por lo general de 1.500 ppm.

El azufre orgánico representa de 90 a 95% del azufre total, y la fracción inorgánica, la mayor parte corresponde a la forma de sulfato adsorbido, y alrededor de 1 a 2% del azufre total son formas inorgánicas en estado de oxidación menor que el sulfato (20).

La primera caracterización del azufre en Colombia fue efectuada por Dominguez y Rodriguez (4), en suelos del altiplano de Pasto en 1971.

Gonzales (8), al realizar estudios del azufre en la Costa Atlántica de Colombia encontró que el azufre disponible oscila entre 1,10 a 786,3 ppm, con un promedio de 35,99 ppm. pero hace resaltar que son muchos los suelos que presentan un tenor de azufre por debajo de 5 ppm. y por ello se espera una grán respuesta a este elemento.

El azufre se encuentra muy estrechamente relacionado con el contenido de materia orgánica de los suelos y precisamente en la Costa Atlántica los tenores de materia orgánica son muy bajos debido a diferentes factores

naturales.

Las deficiencias de S se presentan en las siguientes situaciones en la Costa Atlántica:

- a) Suelos bajos en materia orgánica
- b) Suelos con problemas de sodio
- c) Suelos livianos a muy livianos.

Pedraza y Lora (17), encontraron baja disponibilidad del elemento en suelos de los Llanos Orientales y propusieron el nivel de 5 ppm como crítico para la extracción con Cloruro de Litio (LiCl). Posteriormente Guerrero y Burbano (10), propusieron el nivel crítico de 10 ppm, para suelos de la misma región, cuando el método de extracción utilizado es el de $\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,008 M. Además al trabajar en condiciones de invernadero con plantas de sorgo, encontraron respuesta positiva a las aplicaciones de azufre en la producción de materia seca y en la absorción de nutrimentos por dicha planta.

Por su parte, Gonzales (7), en suelos del Meta, al igual que Castillo y Lora (3), en varios suelos de la cuenca del río Suárez, bajo condiciones de invernadero con plantas de sorgo, también encontraron respuesta significativa de la aplicación de azufre en el rendimiento de materia seca y

en la concentración y absorción de azufre por las plantas.

Mediante estudios hechos para determinar la cantidad de azufre que se incorpora al suelo con el agua de lluvia, se ha encontrado que ésta varía de un lugar a otro y así mismo en distintos puntos dentro de un mismo lugar. Esto se debe a que la atmósfera próxima a centros de alto consumo de combustible contiene mucho más azufre que la atmósfera situada lejos de estos centros. Debido a esto, la cantidad de azufre que llega al suelo en las lluvias en zonas rurales no satisfacen los grandes requerimientos de azufre por los cultivos (12).

Entre los fertilizantes azufrados más importantes se tiene:

- Sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)$, normalmente se utiliza para suministrar nitrógeno al suelo, se obtiene como subproducto de la industria del acero y de algunos procesos metalúrgicos y químicos (Hagmstrom). También se obtiene como subproducto de la caprolacta. Sintéticamente se puede producir por reacción del amonio anhídrico con el ácido sulfúrico. El sulfuro de amonio contiene 21% de nitrógeno y 24% de azufre (15).

- Superfosfato simple, químicamente es una mezcla de

fosfato monocálcico y yeso, es un fertilizante de baja concentración de fósforo (20% de P₂O₅) comparado con el superfosfato triple (46% de P₂O₅), o con los fosfatos diamónicos y monoamónicos (46 y 50% de P₂O₅) respectivamente, sin embargo contiene además 13% de azufre apróximadamente y es fuente adecuada de este nutrimento para las plantas (11).

- Sulfato de potasio, es una fuente importante de K y de S (50% de K₂O y 18% de S). En Colombia se ha utilizado como fuente de potasio en cultivos que pueden ser afectados por el cloro como el tabaco, y la vid; igualmente en suelos con problemas de sales (9).

- Yeso, es poco utilizado como fertilizante, es útil en la recuperación de suelos salino-sódicos y sódicos. Sin embargo, es una buena fuente de azufre por tratarse de una sal neutra y por tener contenido de azufre apróximadamente de 20% (15).

- Azufre elemental, su utilización como fertilizante es minima ya que presenta problemas, debido a que una vez agregado al suelo debe ser oxidado a sulfato para ser absorbido por la planta. Este proceso de oxidación ocurre por acción de las bacterias y depende del grado de finura del material (15).

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. DESCRIPCION DEL AREA

2.1.1. Localización del ensayo. El ensayo se realizó en materas con suelos del "Centro de Investigación Caribia" de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA a nivel de Invernadero en la "Granja Experimental" de la Universidad del Magdalena, Municipio de Santa Marta, Departamento del Magdalena; situado al Noreste de Colombia. La cual limita al Norte con el río Manzanares, al Sur con la carretera Troncal del Caribe, al Este con terrenos propiedad del Municipio de Santa Marta y al Oeste con lotes particulares.

Geográficamente la zona se encuentra enmarcada dentro de las coordenadas $74^{\circ}07'$ y $74^{\circ}12'$ de longitud Oeste y $11^{\circ}11'$ y $11^{\circ}15'$ de latitud Norte.

2.1.2. Características generales del área. La zona de donde se tomaron los suelos para el ensayo se encuentra

ubicada en el corregimiento de Sevilla, Municipio de Ciénaga, Departamento del Magdalena. El cual se encuentra enmarcado dentro de las coordenadas $10^{\circ}47'$ de latitud Norte y $74^{\circ}13'$ de longitud Oeste con respecto al Meridiano de Greenwich.

Sus condiciones agroclimáticas corresponden al bosque seco tropical región natural Caribe, subregión zona Bananera. Presenta una altura de 20 m.s.n.m., con precipitación promedia anual de 1.370 mm; una temperatura media anual de 28°C y una humedad relativa del 82%, un brillo solar de 2.000 horas sol año. Es una zona influenciada por fuertes vientos alisios. Los meses de verano intenso o secos van de Diciembre a Marzo; los de mayor lluvia de Abril a Junio y de Agosto a Noviembre, los suelos son Franco-Arenosos de buen drenaje y niveles freáticos profundos.

La zona del ensayo presenta un relieve plano con una altura de 7 m.s.n.m., con una precipitación aproximada a los 800 mm anuales, temperatura promedio de 29°C , y una humedad relativa entre 72% y 74%. Es una zona influenciada por los vientos Alisios del Hemisferio Norte, que soplan durante los meses de Diciembre a Abril, especialmente con mayor intensidad que el resto del año. El clima de esta zona está clasificado como caliente de Estepa, con una vegetación Xerofítica y lluvias Zenitales

con un ecosistema de bosque espinoso subtropical.

2.1.3. **Propiedades físicas y químicas del suelo.** Los suelos del Centro de Investigación Caribia de CORPOICA presentan una textura franco-arenosa, de buen drenaje y niveles freáticos profundos.

El resultado del análisis de laboratorio fue el siguiente:

	M1	M2	M3	M4
TEXTURA	L	A	A	A
pH	5,6	6,1	6,2	6,3
M.O%	0,6	1,5	0,8	0,6
P (ppm)	76,16	36,92	19,02	46,40
Ca (me/100gr suelo)	5,6	4,34	2,3	4,2
Mg (me/100gr suelo)	0,50	0,55	0,25	0,48
K (me/100gr suelo)	0,05	0,08	0,06	0,05
Na (me/100gr suelo)	0,17	0,12	0,11	0,13
CIC(me/100gr suelo)	6,32	5,09	2,72	4,86
S (ppm)	9,2	6,9	5,7	6,1

2.2. DESARROLLO DEL ENSAYO

EL trabajo se inició en el mes de junio de 1994 y culminó en el mes de agosto de 1994, periodo en el cual se llevó un registro de actividades.

El diseño utilizado fue el de parcelas subsubdivididas, en donde las parcelas principales correspondían al grupo de materas que contenían suelos con un tenor de 0-6 ppm de S y 6-12 ppm de S. Las subparcelas correspondían a las fuentes (azufre elemental y sulfato de amonio), y la subsubparcelas a las dosis de azufre (0- 36-48-60 Kg/ha). Se hicieron cuatro replicaciones para un total de 64 unidades experimentales.

La demarcación de las parcelas, subparcelas y subsubparcelas en el invernadero fue la siguiente: La distancia entre los dos grupos de suelos que corresponden a las parcelas fue de 2 metros, la de las subparcelas de 50 centímetros y las subsubparcelas de 20 centímetros dejando, entre cada réplica 1 metro de distancia.

El llenado de las materas se hizo con el suelo previamente cernido y con un peso de 3,6 Kg / matera.

Se realizó una fertilización edáfica con cada una de los

tratamientos tres días antes de la siembra, además de la fertilización requerida por el análisis de suelo.

La siembra se realizó colocándo cinco semillas por matera, efectuándose a los 20 días de germinado un raleo, dejándo una planta por matera.

Se utilizó la variedad de sorgo ICAIMA, la cual presenta buena adaptación a condiciones difíciles de baja fertilidad y precipitación, período vegetativo entre 100 y 110 días, sistema radicular altamente desarrollado, floración entre 48 y 52 días, panoja semiabierta, altura promedio de plantas de 135 cm, y un número promedio de 12 hojas.

El riego se efectuaba tratando de mantener el sustrato bajo capacidad de campo y usando agua destilada.

La cosecha o el corte de las plantas se realizó a los 45 días de germinado a ras de suelo, luego de haber sido medida la altura y el grosor del tallo de la planta.

2.3. PARAMETROS EVALUADOS

Para la altura de la planta, con la ayuda de una regla graduada en centímetros, se tomó la medida a cada una de

las plantas desde el nivel del suelo hasta el ápice de la última hoja; éstas mediciones se hicieron a los 45 días de germinado el cultivo.

En cuanto al grosor del tallo, se midió con un nonio, a una altura de 10 centímetros a partir de la base del tallo. Esto se hizo a los 45 días de germinado el cultivo. Para el peso de raíz, estas fueron separadas a partir de la base del tallo y secadas al aire para luego ser pesadas individualmente en balanza analítica.

Para el peso de Materia seca, las plantas fueron sometidas a secado en estufa a 75°C durante 48 horas y posteriormente pesadas en forma individual en balanza analítica.

Para el análisis foliar y de suelos, las muestras fueron enviadas al Centro de Investigación Tibaitatá de CORPOICA donde fueron realizados respectivamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en esta investigación se presentan y discuten a continuación:

3.1. ALTURA DE PLANTA

Al tomarse las medidas a los 45 días de germinado el cultivo en el suelo con contenido de azufre de 0-6 partes por millón, la mayor altura se obtuvo con la dosis c (116,2 cm), y la menor altura corresponde a la dosis a (107,8 cm) al utilizarse la fuente de azufre en flor.

Cuando se utilizó la fuente sulfato de amonio, en el mismo suelo (0-6 ppm de S), se observa que la mayor altura correspondió a la dosis c (116,1 cm) y la menor a la dosis t (105,5 cm). (ver tabla 1).

Con las dos fuentes de azufre comparadas en esta serie de suelo, se observa que la mayor altura se tiene con la dosis correspondiente a 60 Kg de Azufre

TABLA 1. Altura de Plantas de sorgo en cm. en suelos con contenido de 0-6 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA

REPLICA	Suelo con 0-6 ppm de Azufre SAM				S				TOTAL REPLICA
	t	a	b	c	t	a	b	c	
I	113,0	113,1	113,2	118,5	101,5	99,0	110,0	126,2	894,5
II	98,5	114,7	106,5	121,2	103,5	113,2	117,2	99,7	874,5
III	110,5	113,2	108,0	117,5	115,7	110,9	113,7	126,0	915,5
IV	100,3	104,5	114,0	107,2	112,5	108,2	109,7	113,2	869,6
TOTAL	422,3	445,5	441,7	464,4	433,2	431,3	450,6	465,1	3554,1
X	105,5	111,3	110,4	116,1	108,3	107,8	112,6	116,2	

SAM = Sulfato de Amonio

S = Azufre en flor

t = 0 Kg/Ha

a = 36 Kg/Ha

b = 48 Kg/Ha

c = 60 Kg/Ha

por hectarea; comportandose ambas fuentes de una manera similar.

Al tomarse las medidas de las plantas en el suelo con contenido de azufre de 6-12 partes por millón, la mayor altura se obtuvo con las dosis c (108,65 cm), y la menor corresponde a la dosis t (107,3 cm) al utilizarse la fuente azufre en flor.

Cuando se utilizó la fuente sulfato de amonio en el mismo suelo (6-12 ppm de S), se observa que la mayor altura corresponde a la dosis c (114,7 cm) y la menor a la dosis t (110,1 cm). (Ver tabla 2).

Con las dos fuentes de azufre estudiadas en esta serie de suelo, se observa que la mayor altura se logró con la dosis de 60 Kg de azufre por hectárea; siendo el sulfato de amonio la fuente de mejor comportamiento.

Al comparar la altura promedio de las plantas utilizadas como testigos (0 Kg de s/Ha) de la fuente de sulfato de amonio en el suelo con contenido de 0-6 ppm de azufre (105,5 cm) con respecto a la altura promedio de plantas en suelo con contenido de 6-12 ppm de azufre (110,1) y la

TABLA 2. Altura de Plantas de sorgo en cm. en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA

Suelo con 6-12 ppm de Azufre									TOTAL REPLICA
REPLICA	SAM				S				
	t	a	b	c	t	a	b	c	
I	105,1	118,2	110,2	109,7	102,2	101,8	101,7	106,6	855,5
II	113,7	113,3	115,2	116,7	100,0	104,9	111,7	111,0	886,5
III	110,3	113,3	110,5	119,2	111,0	118,3	114,3	113,0	909,9
IV	111,6	109,8	112,0	113,3	116,0	106,3	101,7	104,0	874,7
TOTAL	440,7	454,6	447,9	458,9	429,2	431,3	429,4	434,6	3526,6
X	110,1	113,6	111,9	114,7	107,3	107,8	107,3	108,65	

SAM = Sulfato de Amonio
S = Azufre en flor

t = 0 Kg/Ha
a = 36 Kg/Ha
b = 48 Kg/Ha
c = 60 Kg/Ha

misma fuente, se puede observar que las plantas de este último presentan una mayor altura, lo que no ocurre al comparar los testigos utilizados con la fuente azufre en flor en donde la mayor altura la obtuvo el testigo correspondiente al suelo que contenía de 0-6 ppm de azufre (108,3 cm) con la altura de la planta en suelos con contenido de 6-12 ppm de S (107,3 cm); donde se esperaba que la planta tuviese una mayor altura debido a que en esta serie de suelo había un mayor contenido de azufre.

La comparación de las series de suelo utilizadas (0-6 ppm de S y 6-12 ppm de S), mostró que el suelo con contenido de 0-6 partes por millón de azufre dió mayor respuesta a las aplicaciones de azufre al obtenerse las mayores alturas de las plantas en este suelo.

En el análisis de varianza se encontró que hubo diferencia significativa para las fuentes, de igual manera para la interacción suelo- fuente y las dosis (Ver anexo A).

La prueba de Tukey muestra que no hubo diferencia significativa entre las dosis t (0 Kg/Ha), a (36 Kg /Ha), b(48 Kg/Ha) y se observa que la dosis c (60 Kg /Ha) si presentó diferencia con el resto de las dosis. (Ver anexo B).

Al correlacionar el S foliar obtenido con las aplicaciones de sulfato de amonio cuando se trataron suelos con 0-6 ppm de S y la altura de la planta se obtuvo un r de 0,965, lo cual indica que existe correlación. (Ver figura 1).

La correlación entre la altura y el S foliar obtenido con las aplicaciones de sulfato de amonio cuando se trataron suelos con 6 - 12 ppm de S dió un r de - 0,145, lo que indica que no existe correlación. (Ver anexo E).

Realizada la correlación del S foliar obtenido con las aplicaciones de S en flor en suelos con 0-6 ppm S y la altura de la planta se obtuvo un r de -0,652, lo que indica que no existe correlación. (Ver anexo F).

Para la correlación entre S foliar obtenido con aplicaciones de S en flor en suelos con 6-12 ppm S y la altura de la planta se obtuvo un r de 0,294 esto indica que no existe correlación. (Ver anexo G).

3.2. MATERIA SECA

Al determinarse el peso de materia seca a los 45 días de germinado el cultivo en el suelo con contenido de azufre de 0-6ppm, el mayor peso seco se obtuvo con la dosis c

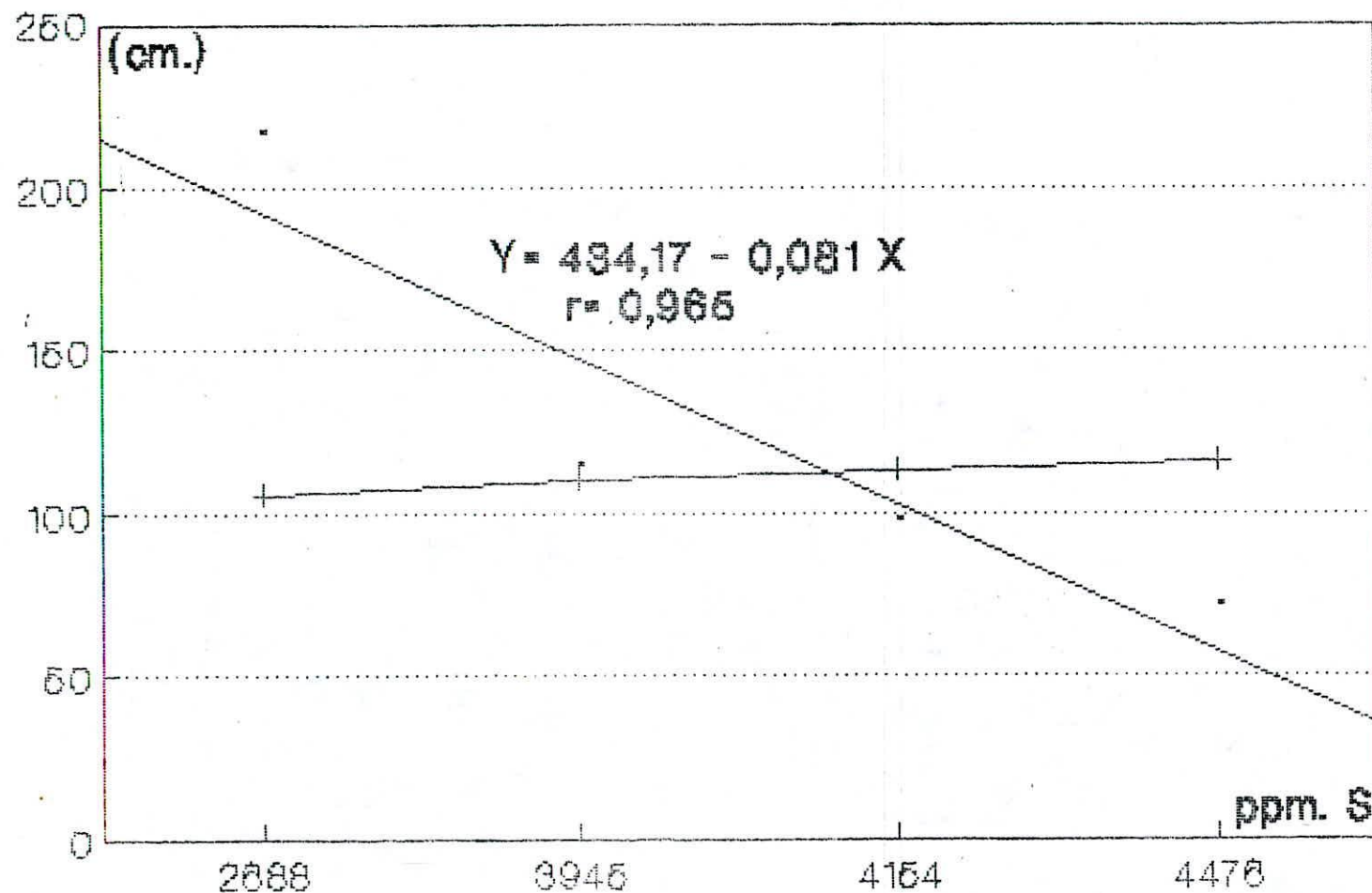


FIGURA 1. Correlacion azufre follar por altura al utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido de 0-6 ppm de S del C.I. Caribla de CORPOICA

(13,75 gr), y el menor peso correspondiente a la dosis t (5,55 gr), cuando se utilizó la fuente azufre en flor.

Cuando se utilizó la fuente sulfato de amonio en el mismo suelo (0-6 ppm de S), se observa que el mayor peso seco correspondió a la dosis b (8,16 gr) y el menor a la dosis t (5,33 gr). (Ver tabla 3).

Con las dos fuentes de azufre evaluadas en esta serie de suelo se observa que la mejor respuesta se obtiene con la dosis c (60 Kg de S/Ha) de la fuente azufre en flor.

Al tomarse el peso seco de las plantas en el suelo con contenido de azufre de 6-12 ppm, el mayor peso seco se obtuvo con la dosis b (6,81 gr), y el menor con la dosis t (5,57 gr), al utilizarse la fuente azufre en flor.

Utilizandose la fuente sulfato de amonio en el mismo suelo (6-12 ppm de S), se observa que el mayor peso seco corresponde a la dosis a (6,71 gr) y el menor a la dosis t (5,16 gr). (Ver tabla 4).

Con las dos fuentes de azufre comparadas en esta serie de suelo se puede observar que la mejor respuesta se obtiene con la dosis correspondiente a 48 Kg de azufre por hectárea, siendo la fuente Azufre en flor la que

TABLA 3. Peso de Materia Seca en Gramos de la planta de sorgo en suelos con contenido de 0-6 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA

Suelo con 0-6 ppm de Azufre									TOTAL REPLICA
REPLICA	SAM				S				
	t	a	b	c	t	a	b	c	
I	4,28	5,16	10,13	5,61	4,40	9,43	5,86	12,85	57,72
II	7,31	7,85	7,93	7,39	5,46	17,51	7,73	16,05	77,23
III	4,60	5,77	6,85	8,35	5,00	6,62	12,16	15,43	64,78
IV	5,14	5,68	7,75	8,00	7,35	13,93	6,00	10,67	64,52
TOTAL	21,33	24,46	32,66	29,35	22,21	47,49	31,75	55,00	264.25
X	5,33	6,11	8,16	7,33	5,55	11,87	7,93	13,75	

SAM = Sulfato de Amonio
S = Azufre en flor

t = 0 Kg/Ha
a = 36 Kg/Ha
b = 48 Kg/Ha
c = 60 Kg/Ha

TABLA 4. Peso de Materia Seca en Gramos de plantas de sorgo en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA

Suelo con 6-12 ppm de Azufre								
SAM				S				TOTAL REPLICA
t	a	b	c	t	a	b	c	
4,20	5,17	5,04	3,74	4,52	6,15	4,61	5,05	38,48
5,05	4,57	5,77	6,36	4,95	5,02	6,41	5,27	43,4
4,50	4,79	3,59	5,73	5,42	5,80	7,45	6,51	43,79
6,92	12,31	6,86	6,01	7,42	6,71	8,80	6,30	61,33
20,67	26,84	21,26	21,84	22,31	23,68	27,27	23,13	187,0
5,16	6,71	5,31	5,46	5,57	5,92	6,81	5,78	

SAM = Sulfato de Amonio
S = Azufre en flor

t = 0 Kg/Ha
a = 36 Kg/Ha
b = 48 Kg/Ha
c = 60 Kg/Ha

muestra una mejor respuesta.

Al comparar el peso seco promedio de las plantas utilizadas como testigos (0 Kg de S/Ha) en las dos series de suelo con respecto a la fuente sulfato de amonio, se observa que el mayor peso de materia seca se obtiene en el suelo con contenido de 0-6 ppm de S (5,33 gr); y con respecto a la fuente azufre en flor se obtuvo un mayor peso en el suelo con contenido de 6-12 ppm de S (5,57 gr). Aquí también se observa que no hay una relación directa entre la cantidad de azufre disponible en los dos suelos y el peso de materia seca de las plantas testigos.

Con la confrontación de las series de suelo utilizadas se tiene que la mejor respuesta en cuanto al peso de materia seca en las plantas se obtiene en la serie de suelo con contenido de 0-6 partes por millón de azufre, al tenerse en éste los mayores pesos promedios.

Realizado el análisis de varianza, se encontró que hubo diferencia significativa en la interacción suelo x dosis, y alta significancia en la fuente, interacción suelo x fuente, dosis e interacción suelo x fuente x dosis (ver anexo C).

Efectuada la prueba de Tukey, se encontró que no hubo diferencia significativa entre las dosis t (0 Kg/Ha) y a (36 Kg/Ha) y se observa que las dosis b (48 Kg/Ha) y c (60 Kg/Ha) si presentó diferencia significativa con el resto (ver anexo D).

Al correlacionar el S foliar obtenido con las aplicaciones de sulfato de amonio cuando se trataron suelos con 0-6 ppm de S y el peso de materia seca de la planta se obtuvo en r de 0,649 lo que indica que no existe correlación. (Ver anexo H)

La correlación entre el S foliar obtenido con las aplicaciones de sulfato de amonio en suelos con 6-12 ppm y el peso de materia seca de las plantas dió un r de -0.053, lo que indica que no existe correlación. (Ver Anexo I)

Realizada la correlación entre S foliar obtenido con aplicaciones de S en flor en suelos con 0-6ppm y el peso de materia seco dió un r de 0,297 lo que indica que no existe correlación. (Ver anexo J).

Para la correlación entre S foliar obtenido con aplicaciones de S en flor en suelos con 6-12 ppm y el peso

de materia seca se obtuvo un r de $-0,99$ lo que indica que existe correlación. (Ver figura 2)

3.3 GROSOR DEL TALLO

Al medirse el grosor del tallo de las plantas a los 45 días de germinado el cultivo en suelo con contenido de azufre de 0-6 ppm, el mayor grosor se obtiene con la dosis c (16,60 mm), y el menor grosor corresponde a la dosis t (11,47 mm), cuando se utilizó la fuente azufre en flor.

Cuando se utilizó la fuente sulfato de amonio en el mismo suelo (0-6 ppm de S), se observa que el mayor grosor corresponde a la dosis b (13,96mm) y el menor a la dosis t (11.26mm). (Ver tabla 5).

Con las dos fuentes de azufre comparadas en esta serie de suelos se observa que la mejor respuesta se obtiene con la dosis c (60 Kg de S por Ha) y la fuente azufre en flor.

Al tomarse el grosor del tallo de las plantas en el suelo con contenido de azufre de 6-12 ppm, el mayor grosor se obtuvo con la dosis c (13,43 mm) y el menor grosor con la

dosis a (12,61 mm), al utilizar la fuente azufre en flor.

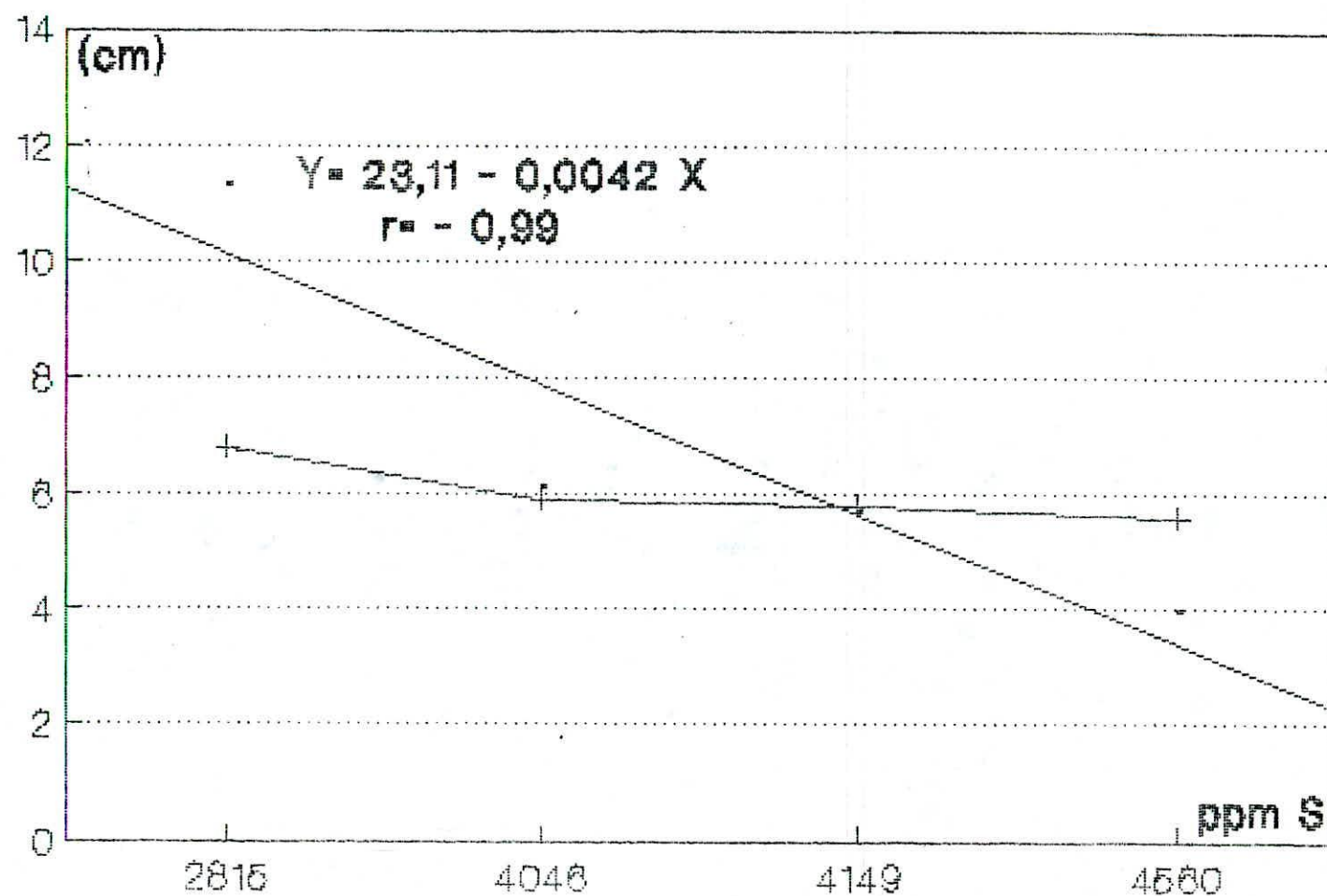


FIGURA 2 Correlacion azufre foliar por materia seca al utilizar azufre en flor en suelos con contenido de 6-12 ppm S del C.I. Caribia de CORFOICA

TABLA 5. Grosor de Plantas de sorgo en mm en suelos con contenido de 0-6 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación de Investigación Agropecuaria CORPOICA

REPLICA	Suelo con 0-6 ppm de Azufre								TOTAL REPLICA
	SAM				S				
	t	a	b	c	t	a	b	c	
I	11,10	11,50	14,37	12,00	10,30	11,40	11,95	18,95	101,57
II	10,80	14,07	14,37	13,17	11,55	13,15	13,30	13,55	103,96
III	11,60	13,00	13,50	13,70	12,00	12,60	12,80	20,00	109,2
IV	11,55	11,85	13,60	13,25	12,05	14,30	12,05	13,90	102,55
TOTAL	45,05	50,42	55,84	52,12	45,90	51,45	50,10	66,40	417,28
X	11,26	12,60	13,96	13,03	11,47	12,86	12,52	16,60	

SAM = Sulfato de Amonio

S = Azufre en flor

t = 0 Kg/Ha

a = 36 Kg/Ha

b = 48 Kg/Ha

c = 60 Kg/Ha



Cuando se utilizó la fuente sulfato de amonio en el mismo suelo (6-12 ppm de S el mayor grosor correspondió a la dosis a (12,97 mm) y el menor a la dosis t (12,13 mm). (Ver tabla 6).

Con las dos fuentes de azufre estudiadas en esta serie de suelo se puede observar que la mejor respuesta se obtiene con la dosis correspondiente a 60 Kg de azufre por hectárea, siendo la fuente de azufre en flor la que muestra una mejor respuesta.

Al comparar el grosor del tallo promedio de las plantas utilizadas como testigos (0 Kg de S/Ha) en las dos series de Suelo con respecto a la fuente sulfato de amonio se observa que el mayor grosor se obtienen en el suelo con contenido de 6-12 ppm de S (12.13 mm) y con respecto a la fuente de azufre en flor se obtuvo un mayor grosor (12,65mm) en el mismo suelo.

La comparación de las dos series de suelo utilizados, mostró que la mejor respuesta en cuanto al grosor del tallo de las plantas se obtiene en la serie de suelo con contenido de 0-6 ppm S, al darse en este los mayores promedios del grosor de los tallos.

Al correlacionar el S foliar obtenido con las aplicaciones

TABLA 6. Grosor de Plantas de sorgo en mm en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación de Investigación Agropecuaria CORPOICA

Suelo con 6-12 ppmde Azufre									TOTAL REPLICA
REPLICA	SAM				S				
	t	a	b	c	t	a	b	c	
I	11,90	12,50	12,20	11,70	11,70	12,25	12,25	13,90	98,4
II	11,80	11,70	13,40	12,70	11,20	11,47	13,20	12,47	97,94
III	11,85	13,35	12,25	13,65	13,70	13,80	13,20	13,35	105,15
IV	13,00	14,35	13,35	12,90	14,00	12,95	13,40	14,00	107,95
TOTAL	48,55	51,90	51,20	50,95	50,60	50,47	52,05	53,72	409,44
X	12,13	12,97	12,80	12,73	12,65	12,61	13,01	13,43	

SAM = Sulfato de Amonio
S = Azufre en flor

t = 0 Kg/Ha
a = 36 Kg/Ha
b = 48 Kg/Ha
c = 60 Kg/Ha

de sulfato de amonio cuando se trataron suelos con 0-6 ppm de S y el grosor del tallo se obtuvo r de 0,753 lo cual indica que no existe correlación. (Ver anexo K).

La correlación entre S foliar obtenido con las aplicaciones de sulfato de amonio en suelos con 6-12ppm y el grosor del tallo, dió un r de -0,751 lo que indica que no existe correlación. (Ver anexo L).

Efectuada la correlación del S foliar obtenido con las aplicaciones de S en flor en suelos con 0-6 ppm de S y el grosor del tallo dió un r de -0,224 lo cual indica que no existe correlación. (Ver anexo M).

Para la correlación entre S foliar obtenido con las aplicaciones de S en flor en suelos con 6-12 ppm de s y el grosor del tallo se obtuvo un r de -0,227 lo que indica que no hay correlación. (Ver anexo N).

3.4. RAIZ

Al tomarse las medidas a los 45 días de germinado el cultivo en suelo con contenido de azufre de 0-6 ppm, el mayor peso se obtuvo con la dosis c (2,53 gr) y el menor corresponde a la dosis t (1,61 gr) cuando se utilizó la Fuente azufre en flor.

Cuando se utilizó la fuente sulfato de amonio en la misma serie de suelo (0-6 ppm de S), que el mayor peso correspondió a la dosis a (2,14 gr) y el menor a la dosis t (1,28 gr). (Ver tabla 7).

Con las dos fuentes de Azufre comparadas en esta serie de suelo se observa que el mayor peso de raíz se tiene con la dosis c (60 Kg de S/Ha), siendo la fuente azufre en flor la de mejor comportamiento.

Al tomarse los pesos de las raíces en el suelo con contenido de azufre de 6-12 ppm, el mayor peso se obtuvo con la dosis a (1,73 gr) y el menor peso de raíz a la dosis t (1,37 gr) cuando se utilizó la fuente azufre en flor.

Cuando se utilizó la fuente sulfato de amonio en la misma serie de suelo (6-12ppm de S) se observa que el mayor peso de raíz corresponde a la dosis a (1,62 gr) y el menor peso a la dosis c (1,36 gr). (Ver tabla 8).

Con las dos fuentes de azufre evaluadas en esta serie de suelos, se puede observar que el mayor peso de raíz se obtuvo con la dosis a (36 Kg de S/Ha); siendo la fuente Azufre en flor la que presenta una mejor respuesta.

TABLA 7. Peso de Raíz en gr. de plantas de sorgo en suelos con contenido de 0-6 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA

REPLICA	Suelo con 0-6 ppm de Azufre								TOTAL REPLICA
	SAM				S				
	t	a	b	c	t	a	b	c	
I	0,88	1,52	1,54	1,41	1,35	1,58	1,78	1,90	11,96
II	1,83	2,28	2,20	1,96	1,70	2,02	1,64	2,69	16,32
III	1,14	1,59	1,84	2,40	1,32	1,77	1,49	3,30	14,85
IV	1,29	3,20	2,04	2,39	2,07	2,13	2,17	2,24	17,53
TOTAL	5,14	8,59	7,62	8,16	6,44	7,50	7,08	10,13	60,66
X	1,28	2,14	1,90	2,04	1,61	1,87	1,77	2,53	

SAM = Sulfato de Amonio
S = Azufre en flor

t = 0 Kg/Ha
a = 36 Kg/Ha
b = 48 Kg/Ha
c = 60 Kg/Ha

TABLA 8. Peso de Raíz en gr. de plantas de sorgo en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA

REPLICA	Suelo con 6-12 ppm de Azufre								TOTAL REPLICA
	SAM				S				
	t	a	b	c	t	a	b	c	
I									
II	0,83	1,11	1,51	1,11	0,86	1,34	1,24	0,85	8,85
III	1,68	1,18	1,68	1,58	1,28	2,11	1,25	1,25	12,01
IV	1,10	1,28	0,65	1,25	1,41	1,50	1,73	1,62	10,54
TOTAL	2,04	2,91	1,66	1,52	1,93	2,00	2,00	2,32	16,38
X	5,65	6,48	5,50	5,46	5,48	6,95	6,22	6,04	47,78
	1,40	1,62	1,37	1,36	1,37	1,73	1,55	1,51	

SAM = Sulfato de Amonio
S = Azufre en flor

t = 0 Kg/Ha
a = 36 Kg/Ha
b = 48 Kg/Ha
c = 60 Kg/Ha

Al comparar el peso de raíz promedio de las plantas usadas como testigos (0 Kg de S/Ha) en la dosis de suelo con respecto a la fuente sulfato de amonio, se observa que el mayor peso de raíz se obtiene en el suelo con contenido de (6-12ppm) de azufre (1,40 gr); y con respecto a la fuente azufre en flor se obtuvo un mayor peso en el suelo con contenido de (0-6 ppm de S) (1,61 gr), observandose nuevamente que no hay una relación entre la cantidad de Azufre disponible en los dos suelos y el peso de raíz de las plantas testigos.

Con la comparación de las dos series de suelos utilizadas, se tiene que la mejor respuesta en cuanto al peso de raíz se obtuvo en la serie de suelo con contenido de (0-6ppm de azufre), al obtenerse en éste los mayores pesos promedios.

3.5. DOSIS

Con respecto a las dosis se puede observar que las mayores respuestas se obtienen al utilizar la dosis c que corresponde a 60Kg/Ha de S en flor con suelos de 0-6ppm de S; y la que representa la menor respuesta correspondió a la dosis t (0 Kg/Ha de Sulfato de Amónio del mismo suelo), (Ver tabla 9); lo que no ocurre en suelos con contenido de 6-12 ppm de Azufre, ya que en éste los mayores y menores promedios se presentaron en dosis diferentes. (Ver tab.10)

TABLA 9. Comparación Promedio de los parámetros evaluados en las plantas de sorgo en suelos con contenido de 0-6 ppm de azufre en suelos del C.I Caribia de CORPOICA

	Suelo con 0-6 ppm S							
	0 kg		36 kg		48 kg		60 kg	
	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S
ALTURA	105,5	108,3	111,3	107,8	110,4	112,6	116,1	116,2
PESO SECO	5,33	5,55	6,11	11,87	8,16	7,93	7,33	13,75
GROSOR	11,26	11,47	12,60	12,86	13,96	12,52	13,03	16,60
PESO RAIZ	1,28	1,61	2,14	1,87	1,90	1,77	2,04	2,53

TABLA 10. Comparación Promedio de los parámetros evaluados en las plantas de sorgo en suelos con contenido d 6-12 ppm de azufre en suelos del C.I Caribia de CORPOICA

	Suelo con 6-12 ppm S							
	0 kg		36 kg		48 kg		60 kg	
	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S
ALTURA	110,2	107,3	113,6	107,8	112,0	107,3	114,0	108,6
PESO SECO	5,60	5,57	6,71	5,92	5,31	6,81	5,46	5,78
GROSOR	12,13	12,65	12,97	12,61	12,80	13,01	12,73	13,13
PESO RAIZ	1,41	1,37	1,62	1,73	1,37	1,55	1,36	1,51

Al correlacionar las dosis de sulfato de amonio aplicadas con el S foliar obtenido en suelos con 0-6 ppm de S se obtuvo un r de 0,95 lo que indica que existe correlación (Ver figura 3).

Efectuada la correlación de las dosis de sulfato de amonio aplicada con S foliar obtenido en suelos con 6 - 12 ppm de S, se obtuvo un r de -0,0000870, lo cual indica que no existe correlación. (Ver anexo O).

La correlación entre las dosis de S en flor aplicadas con el S foliar obtenido en suelos con 0-6 ppm de S se obtuvo un r de -0,0000513 lo cual indica que no existe correlación. (Ver anexo P).

Para la correlación de las dosis de S en flor aplicadas con el S foliar en suelos con 6-12ppm S se obtuvo un r de -0,000404 lo que indica que no existe correlación. (Ver anexo Q).

Las correlaciones de azufre foliar obtenidas con respecto a los parámetros evaluados en suelos con contenido de 0-6 partes por millón, de S se pueden observar en la tabla 11; y las correlaciones de azufre en suelo con contenido de 6-12 partes por millón en la tabla 12.

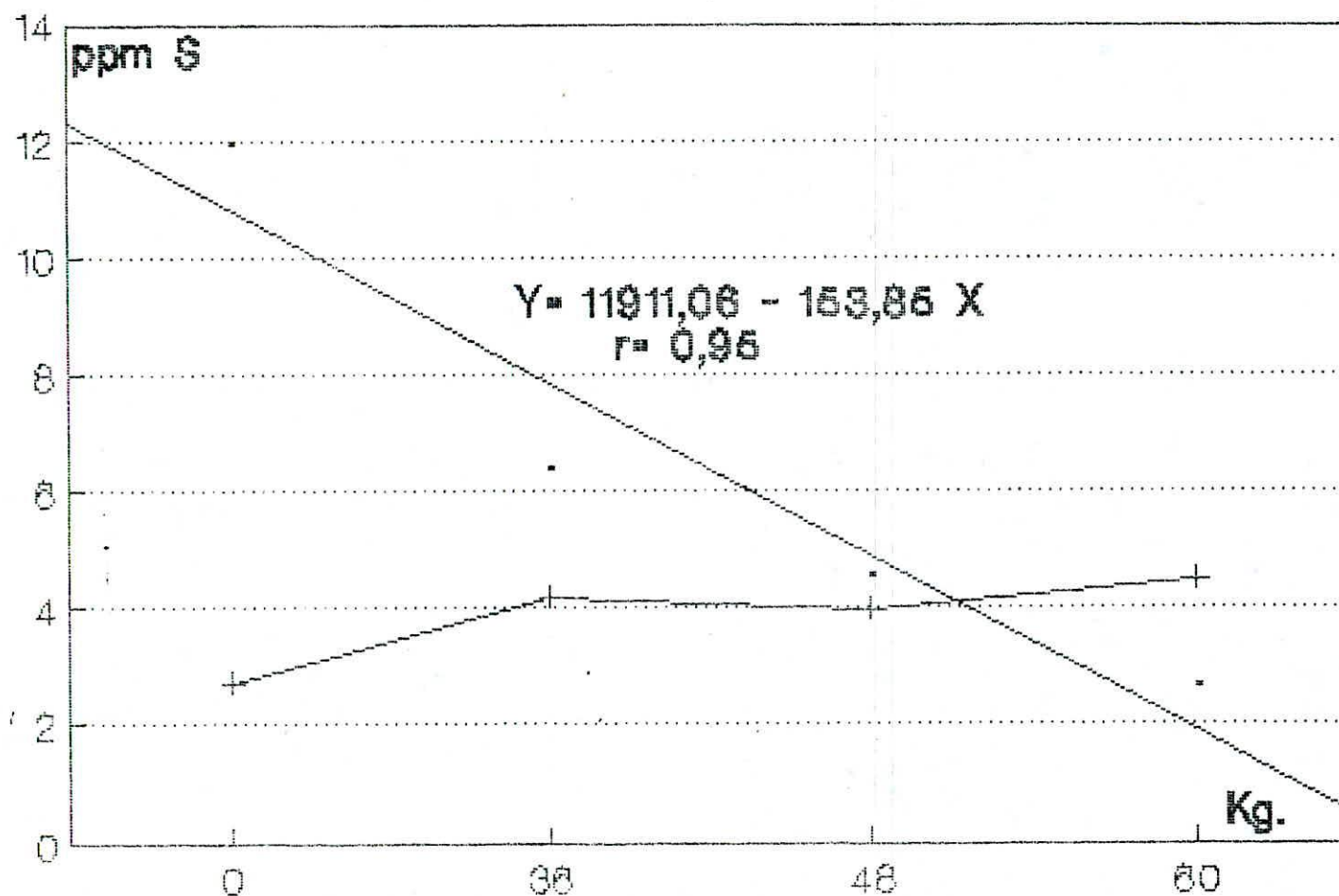


FIGURA 3. Correlacion dosis de Sulfato de Amonio por azufre foliar obtenido en suelos con contenido de 0-6 ppm del C.I. Caribia de CORPOICA

TABLA 11. Correlaciones de azufre foliar obtenidos en suelos con contenido de 0-6 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA

PARAMETROS	S FOLIAR	
	SAM	S
Altura	0,965	-0,652
Materia Seca	0,649	-0,297
Grosor Tallo	0,753	-0,224
Dosis	0,950	-0,000513

TABLA 12. Correlaciones de azufre foliar obtenidos en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA

PARAMETROS	S FOLIAR	
	SAM	S
Altura	-0,145	0,294
Materia Seca	-0,053	-0,990
Grosor Tallo	-0,751	-0,227
Dosis	-0,0000870	-0,000404

En la tabla 13 se pueden observar los resultados obtenidos en el análisis foliar, de igual forma los datos obtenidos en el análisis final de suelos se pueden ver en la tabla 14.

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con los encontrados por Guerrero y Burbano (10) que trabajando con suelos de la Sabana de Bogotá y los Llanos Orientales, en condiciones de invernadero, encontraron respuesta positiva a las aplicaciones de azufre en la producción de materia seca y en la absorción del nutrimento por las plantas del sorgo, al utilizar también la dosis de 60 Kg de azufre por Ha.

Estudios realizados por Gonzales (7). con suelos del Meta, bajo condiciones de invernadero concuerdan con los de esta investigación al encontrar un efecto altamente significativo de la aplicación de azufre en el rendimiento de materia seca, y en la concentración y absorción de azufre por las plantas de sorgo.

Esta investigación también concuerda con la obtenida por Castillo y Lora (3), en varios suelos de la cuenca del río Suarez que en experimento de invernadero encontraron respuesta positiva a la aplicación de azufre en el rendimiento de materia seca y absorción de azufre por las plantas de sorgo.

TABLA 13. Resultados del Análisis Foliar

	SUELO CON 0-6 PPM S								SUELO CON 6-12 PPM S							
	0 Kg		36 Kg		48 Kg		60 Kg		0 Kg		36 Kg		48 Kg		60 Kg	
	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S
NX	0,92	0,86	1,00	1,2	0,84	1,1	0,85	2,2	1,1	1,4	1,4	1,1	1,0	2,0	1,6	1,2
PX	0,22	0,24	0,20	0,21	0,17	0,2	0,19	0,2	0,23	0,2	0,22	0,1	0,22	0,1	0,22	0,1
KX	0,54	0,50	0,50	0,89	0,23	0,6	0,34	0,3	0,34	0,4	0,52	0,5	0,30	0,2	0,85	0,3
CaX	0,20	0,27	0,23	0,24	0,26	0,2	0,23	0,2	0,30	0,2	0,31	0,2	0,42	0,2	0,35	0,3
MgX	0,11	0,13	0,14	0,14	0,15	0,1	0,14	0,1	0,18	0,1	0,20	0,1	0,26	0,1	0,23	0,1
Sppm	2688	3544	4154	5660	3945	3314	4476	3280	8136	4560	4389	4046	4351	2815	7872	4149

TABLA 14. Analisis Final De Suelo

	SUELO CON 0-6 ppm S								SUELO CON 6-12 ppm S							
	0 Kg		36 Kg		48 Kg		60 Kg		0 Kg		36 Kg		48 Kg		60 Kg	
	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S	SAM	S
PH	6.2	6.4	6.0	6.2	6.1	6.2	6.0	6.4	6.5	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.4	6.4
S(ppm)	18.8	17.0	33.5	36.8	43.5	39.7	54.3	48.5	13.9	13.2	23.7	17.0	26.5	21.7	30.4	29.1

4. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en el presente estudio se deducen las siguientes conclusiones:

1. Con la aplicación de azufre se obtiene una respuesta altamente significativa para el peso de materia seca, en el cultivo del sorgo hasta los 45 días bajo condiciones de invernadero.
2. Las dosis de 48 Kg y 60 Kg de azufre por hectárea fueron los que dieron mayores pesos promedios en base seca, con respuesta estadística altamente significativa.
3. Los mayores promedios en cuanto a materia seca, altura de la planta, grosor del tallo y peso de raíz se obtuvieron con la dosis de 60 Kg de azufre en flor por Hectárea, en suelos con contenido de 0-6 ppm de azufre.
4. Para la altura de la planta se obtiene respuesta significativa a la aplicación de azufre en el cultivo del

sorgo en condiciones de invernadero.

5. con la dosis de 60 Kg de azufre por Hectárea se obtiene la mayor altura promedio de las plantas, con respuesta estadísticamente significativa.

6. La respuesta del azufre aplicado tres días antes de la siembra en el cultivo del sorgo y cosechado a los 45 días es inmediata cuando se aplica sulfato de amonio, mientras que la respuesta al azufre en flor es más lenta pero sostenida.

7. Al comparar las dos fuentes de azufre usadas (sulfato de Amonio y Azufre en flor), el mejor resultado con respecto a los parámetros evaluados, se obtienen con el azufre en flor, hasta los 45 días de germinado el cultivo.

BIBLIOGRAFIA

1. BIRCH, H.F. The effect of soil dryin on humus descomposition an nitrogen availability. En: GRANADOS NUNES, Manuel. Minerlización del azufre en suelos bajo cultivos de cacao (Theobroma cacao). Turrialba, 1972. 125 p. Tesis (Magister scientiae). Instituto interamericano de ciencias Agrícolas de la OEA.
2. BLAIR, J. Surphur in detropics internacional fertilizer developmen center. En: MONOMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS. Azufre: su importancia como nutriente en la agricultura tropical. s.l. : s.n. 1986. 43 P (colección punto verde No. 5).
3. CASTILLO, E Y LORA, S.R. Disponibilidad de azufre y Magnesio en algunos suelos de la cuenca del río suarez. En: MONOMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS. Azufre: su importancia como nutriente en la agricultura tropical s.l. : s.n. 1986. 43 p. (colección punto verde No. 5).
4. DOMINGUEZ, G Y RODRIGUEZ, C.H. Estudio sobre algunos efectos del azufre en el altiplano de pasto. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas. Citado por: GUERRERO RIASCOS, Ricardo. Disponibilidad de azufre en suelos agrícolas de Colombia. En: Suelos Ecuatoriales. Vol 18, No 1 (1988); p.18-21
5. FASSBENDER, H.W. Química de suelos. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1969. 266 p.
6. =====. San José, Costa Rica: Instituto interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1980. 398 p. En: MONOMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS. Azufre: su importancia como nutrientes en la agricultura tropical. s.l.: s.n., 1986. 43 p. (colección punto verde No. 5).

7. GONZALES, G. Caracterización del azufre y su disponibilidad relacionada con los contenidos de óxido de hierro y aluminio en algunos suelos del Meta. Tesis. Universidad Nacional de Bogotá. Departamento de Química. En: MONOMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS. Azufre: su importancia como nutriente en la agricultura tropical. s.l.: s.n., 1986. 43 p. (colección punto verde No. 5)
8. -----, Azufre disponible en suelos de la Costa Atlántica Colombia. En: SUELOS ECUATORIALES. Vol 18. No. 1 (1988); 44-50 p.
9. GUERRERO R., R. Los fertilizantes químicos, propiedades y comportamiento agronómico. Bogotá: Monomeros Colombo-Venezolanos, 1983. 54 p.
10. -----, Y BURBANO, O.H. Niveles críticos de disponibilidad para las plantas en suelos de los Llanos Orientales y la Sabana de Bogotá. En: Monomeros Colombo-Venezolanos. Azufre: su importancia como nutriente en la agricultura tropical s.l : s.n., 1986. 43 p.
11. HAGMSTROM, G. R. Propertie and uses of surphur containing fertilizers materials. En: Monomeros Colombo-Venezolanos. Azufre: su importancia como nutriente en la agricultura tropical. s.l: s.n. 1986. 43 p. (colección punto verde No. 5).
12. MALAVOLTA, E. Estudios químicos-agrícola sobre o enxo fre anais. En: PENA VIANA, Luis. Niveles críticos de azufre en sorgo. Santa Marta, 1983. 55 p. Tesis (Ingeniero Agrónomo). UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA. Facultad de Ingeniería Agronómica.
13. -----, E. Balance del azufre en la agricultura Americana. Suelos Ecuatoriales. Vol 20 No. 1 1990. 59-68 p.
14. -----, Y PAULINO, V, T. Sulphur balance in central and south America. Citado por: GUERRERO RIASCOS Ricardo. Disponibilidad de azufre en suelos agrícolas de Colombia. En: SUELOS ECUATORIALES Vol 18, No. 1 (1988); 18-21 p.
15. MONOMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS S.A. Azufre; su importancia como nutriente en la agricultura tropical. s.l: s.n., 1986. 43 p. (colección Punto verde No.5)
16. MORRIS, R. J. The world market for plant nutrient

- sulphur. Citado por: GUERRERO RIASCOS, Ricardo. Disponibilidad de azufre en suelos agrícolas de Colombia. En: SUELOS ECUATORIALES. Vol 18, No. 1 (1988); 18-21 p.
17. PEDRAZA, L.A. Y LORA R. Disponibilidad del azufre para las plantas en dos suelos de los Llanos Orientales de Colombia. Citado por: GUERRERO RIASCOS, Ricardo. Disponibilidad de azufre en suelos agrícolas de Colombia. En: SUELOS ECUATORIALES. Vol. 18, No. 1 (1988): 18-21 p.
 18. PEREIRA, J.R. Efecto de varios niveles de azufre sobre el crecimiento y composición química de plantas de tomate. En: GRANADOS NUNEZ, Manuel. Mineralización del azufre en suelos bajo cultivo de cacao (Theobroma cacao). Turrialba, 1972. 125 p. Tesis (Magister scientiae). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.
 19. TISDALE, S.L Y NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizer. En: MONOMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS. Azufre: su importancia como nutriente en la agricultura tropical. s.l: s.n, 1986. 43 p. (Colección punto verde No. 5).
 20. WITEHEAD, D.C. Soil and plant nutrition aspects of the sulphur cycle. En: GRANADOS NUNEZ, Manuel. Mineralización del azufre en suelos bajo cultivo de cacao (Theobroma cacao). Turrialba, 1972, 125 p. Tesis (Magister Scientiae). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.
 21. ZEHLER, E; KREIPE, H Y GETHING. Potassium sulphate and potassium chloride. Citado por: MALAVOLTA E. Balance del azufre en la agricultura americana. En: SUELOS ECUATORIALES. Vol, 20, No. 1 (1990); 59-68 p.

ANEXOS

ANEXO A. Analisis de Varianza para altura de planta de sorgo a los 45 días de germinado el cultivo en suelos del C.I. Caribia de CORPOICA

F.V.	S.Cuad.	G.L.	C.M	F CALCULADA	F TABULADA	
					0.05	0.01
SUELOS	11.81	1	11.81	0.369	10.1	34.1
ERROR A	95.83	3	31.94			
FUENTE	79.43	1	79.43	6.912*	5.99	13.7
INTER SUELO X FUEN	109.99	1	109.99	9.572*	5.99	13.7
ERROR B	68.94	6	11.49			
DOSIS	303.22	3	101.07	2.911*	2.84	4.31
FUENTE x DOSIS	49.05	3	16.35	0.471	2.84	4.31
SUELO x DOSIS	101.38	3	33.79	0.973	2.84	4.31
SUELO x FUENTE x D	12.54	3	4.18	0.120	2.84	4.31
ERROR C	1249.58	36	34.71			

C.V 3,06

* Significativo

ANEXO B. Promedio de la altura de plantas para cada una de las dosis utilizadas en dos series de suelos del C.I. Caribia del CORPOICA

TRATAMIENTO	Kg de S/Ha	Promedio	
t	0	107,83	C
a	36	110,16	ABC
b	48	110,60	AB
c	60	113,93	A

Valores con una letra en común no son diferentes estadísticamente; en caso contrario presentan diferencia significativa al 5 %

ANEXO C. Análisis de Varianza para peso de materia seca en plantas de sorgo a los 45 días de germinado el cultivo en suelos del C.I. Caribia de CORPOICA

F.V.	S.Cuad.	G.L.	C.M	F CALCULADA	F TABULADA	
					0.05	0.01
SUELOS	93.24	1	93.24	9.456	10.1	34.1
ERROR A	29.59	3	9.86			
FUENTE	46.29	1	46.29	24.622**	5.99	13.7
INTER SUELO X FUEN	28.72	1	28.72	15.276**	5.99	13.7
ERROR B	11.32	6	1.88			
DOSIS	66.07	3	22.02	5.734**	2.84	4.31
FUENTE x DOSIS	25.77	3	8.59	2.236	2.84	4.31
SUELO x DOSIS	48.16	3	16.05	4.179*	2.84	4.31
SUELO x FUENTE x D	54.27	3	18.09	4.710**	2.84	4.31
ERROR C	138.52	36	3.84			

C.V. 19.4

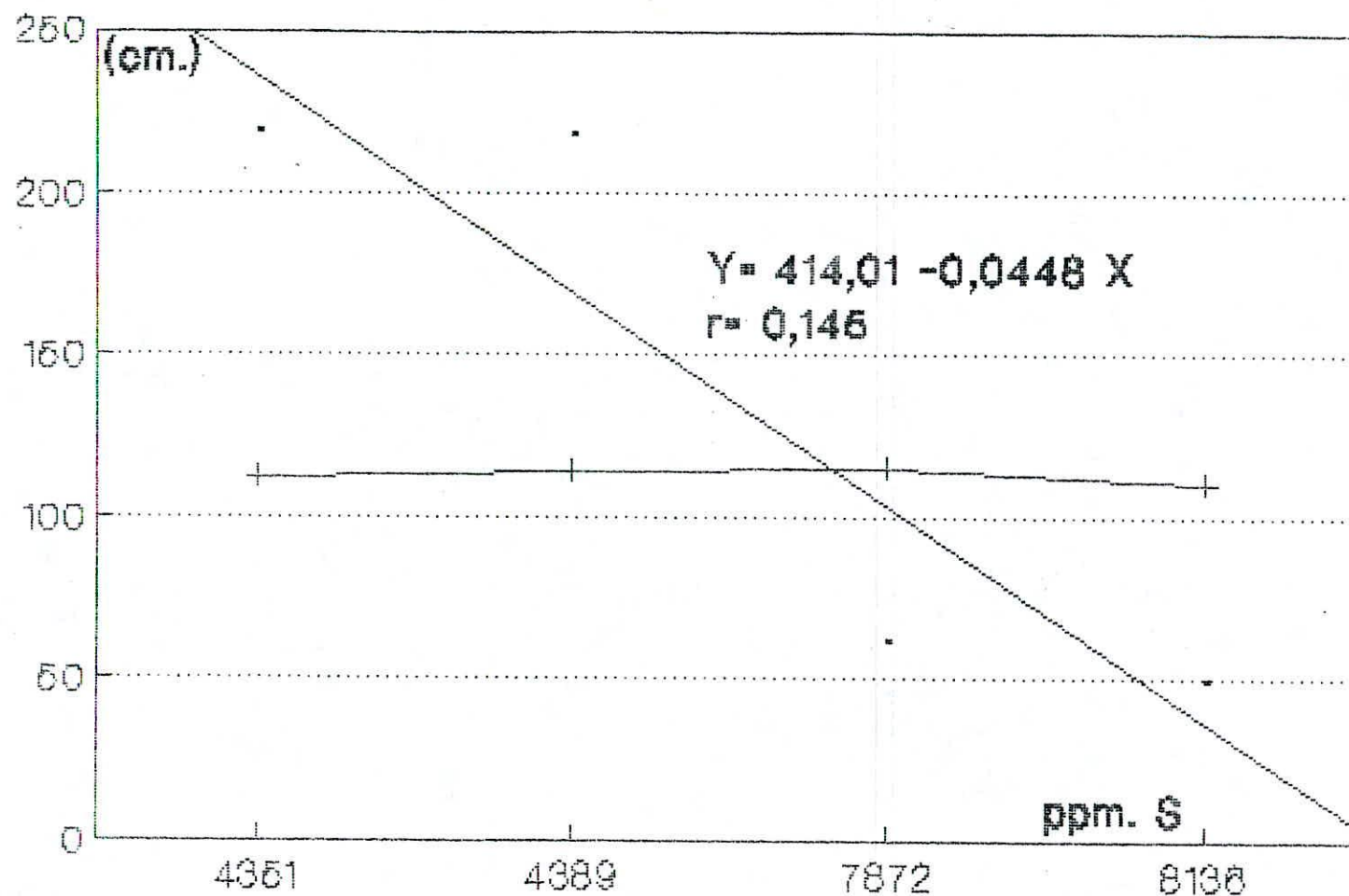
* * Altamente significativo

ANEXO D. Promedio del peso de materia seca para cada una de las dosis utilizadas en dos series de suelos del C.I. Caribia de CORPOICA

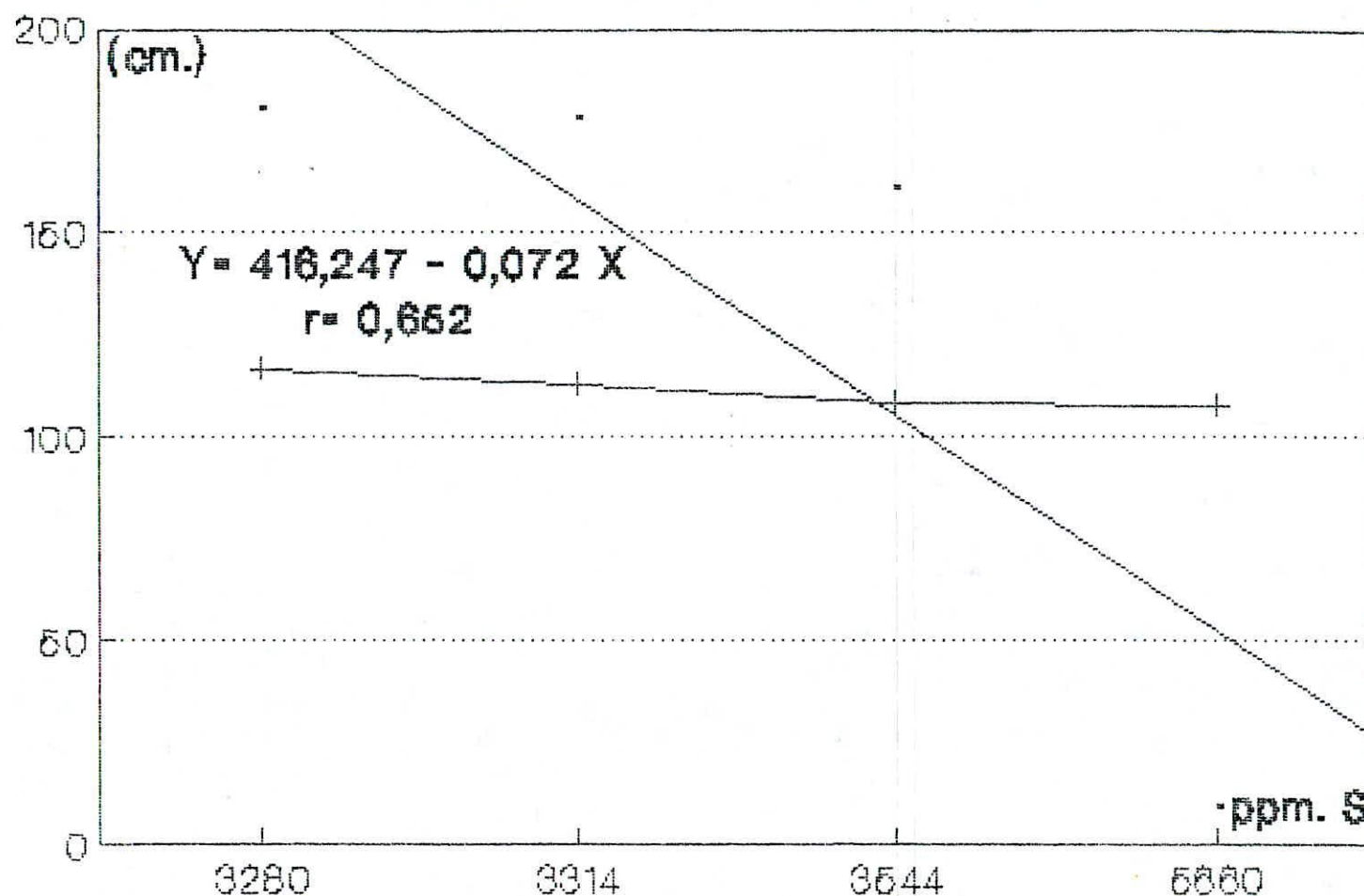
TRATAMIENTO	Kg de S/Ha	Promedio	
t	0	5,40	C
a	36	7,05	ABC
b	48	7,65	AB
c	60	8,08	A

Valores con una letra en común no son diferentes estadísticamente; en caso contrario presentan diferencia significativa al 1 %

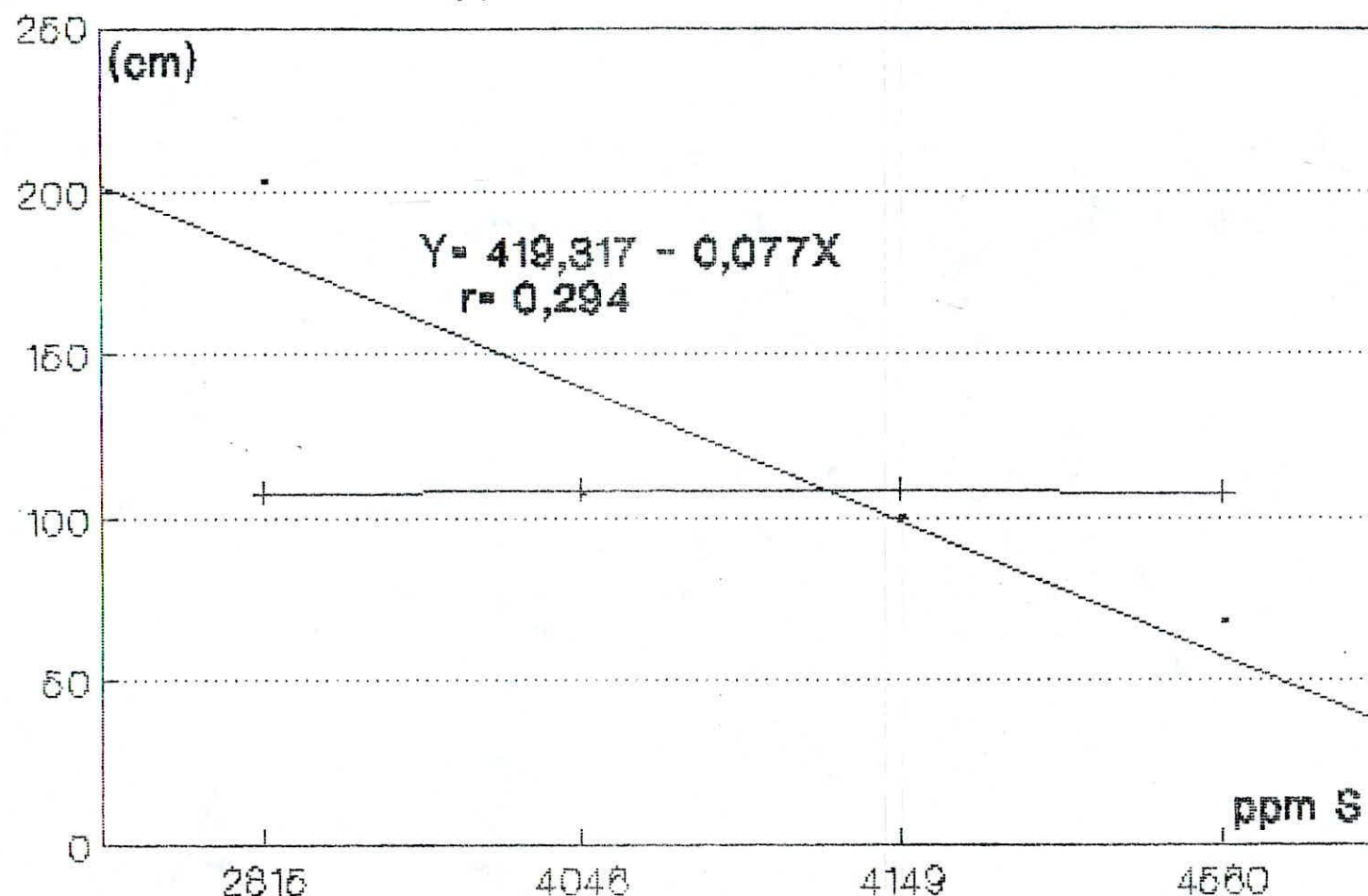
ANEXO E. Correlacion azufre follar por altura al utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribla de CORPOICA



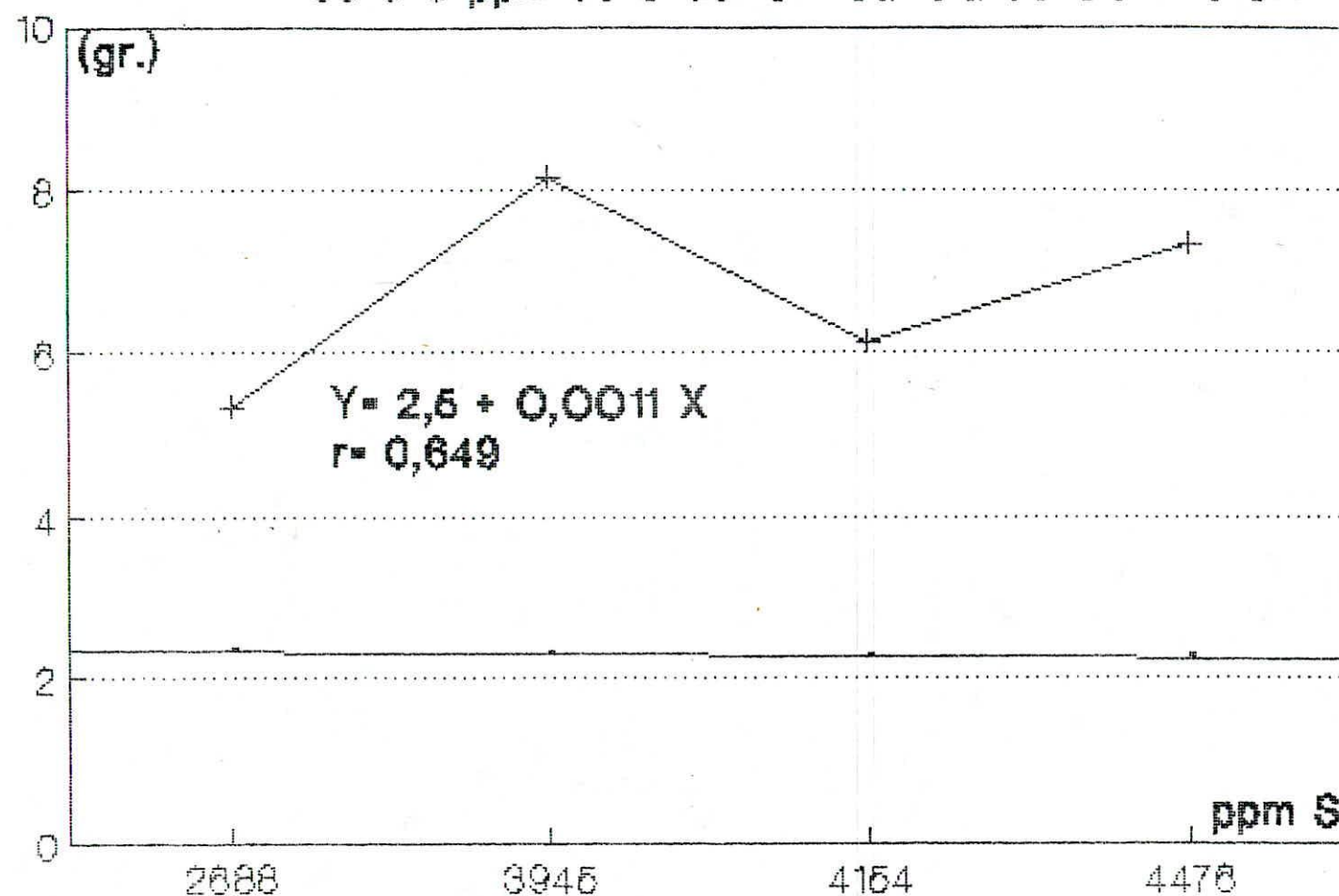
**ANEXO F. Correlacion azufre foliar por altura al utilizar
azufre en flor en suelos con contenido de 0-6 ppm
de S del C.I. Caribia de CORPOICA**



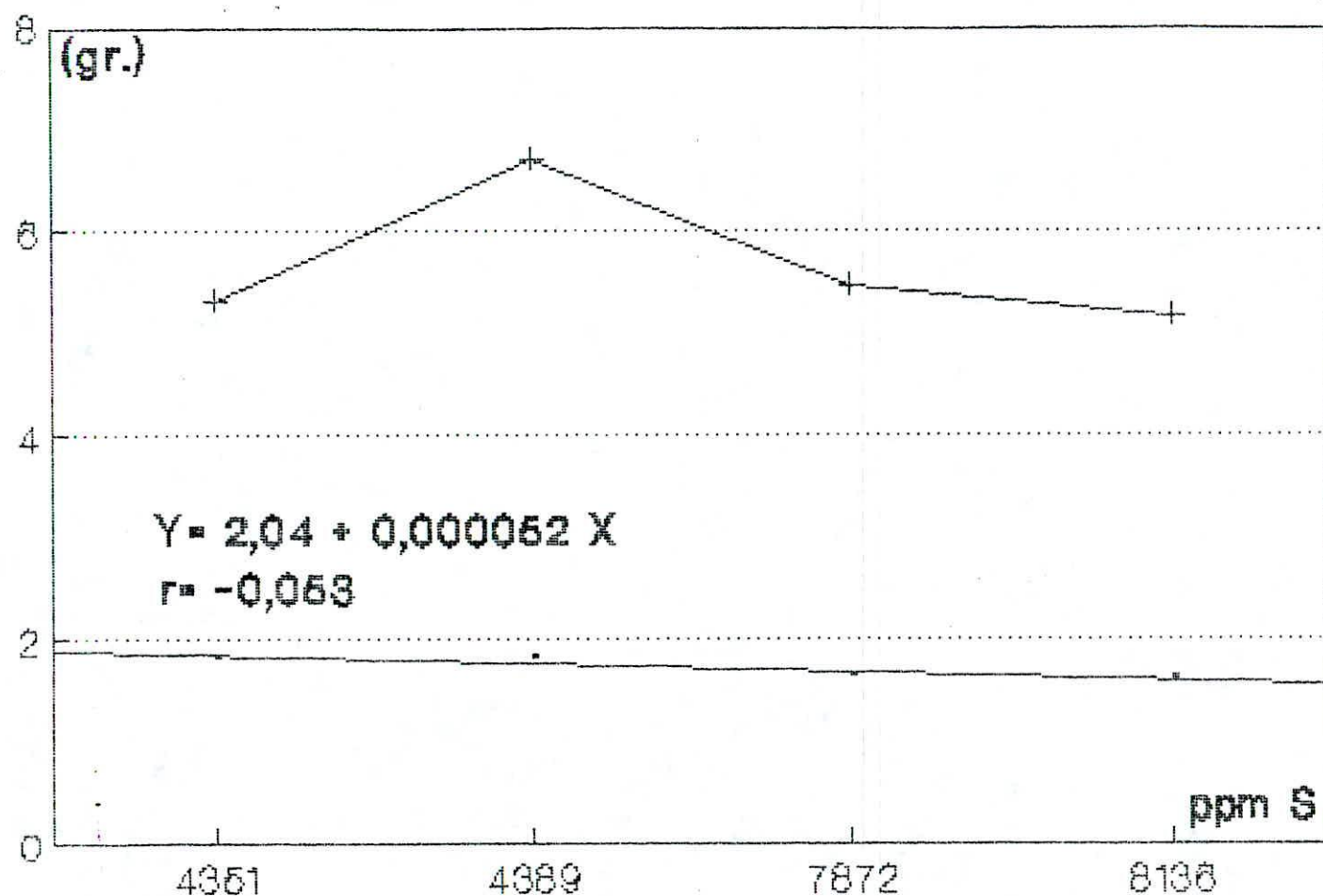
**ANEXO G. Correlacion Azufre Follar por altura al utilizar
Azufre en flor en suelos con contenido de
6-12 ppm de S del C.I. Caribla de CORPOICA**



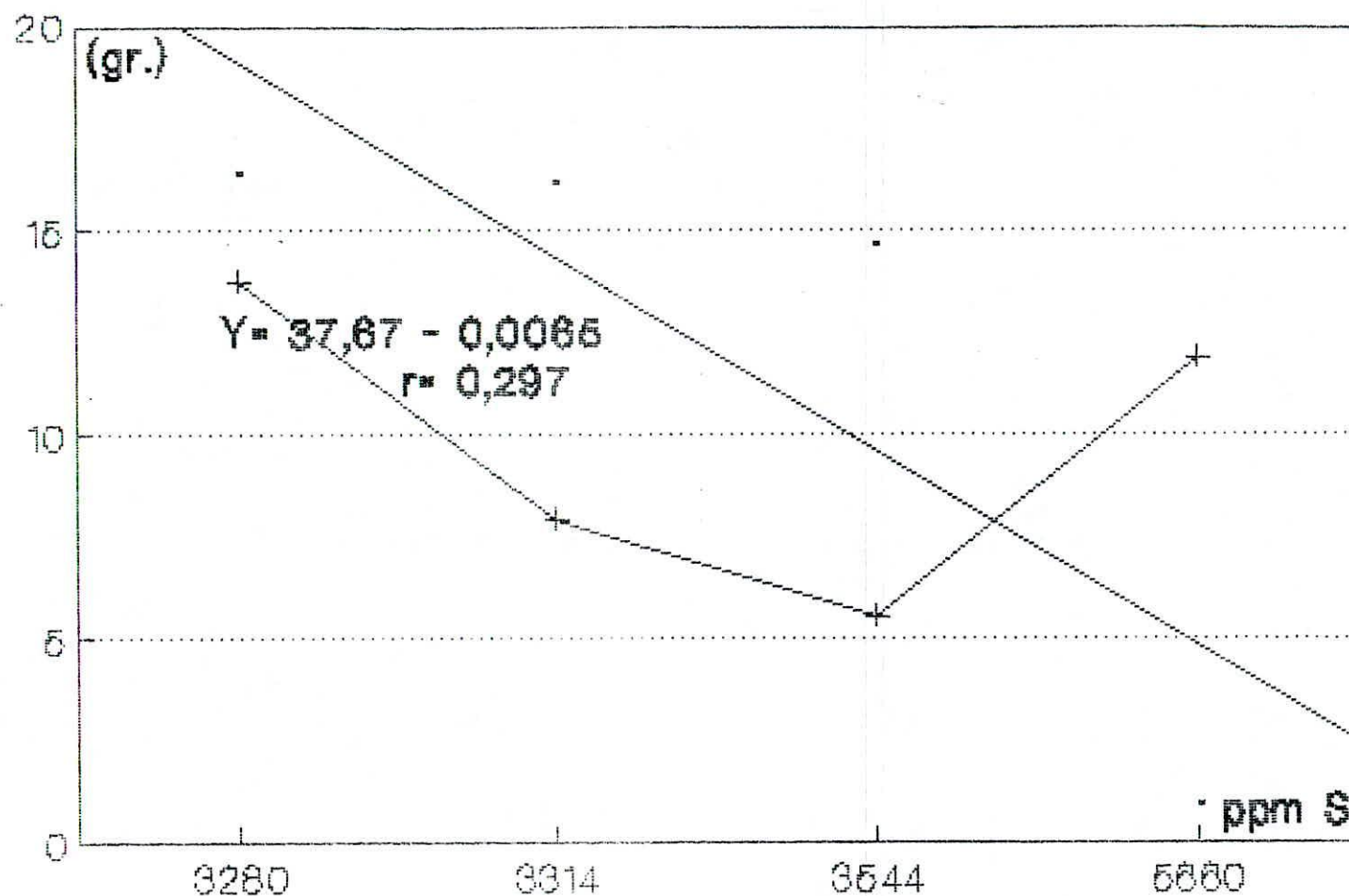
**ANEXO H. Correlacion azufre foliar por materia seca al
utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido
de 0-8 ppm de S del C.I. Caribia de CORPOICA**



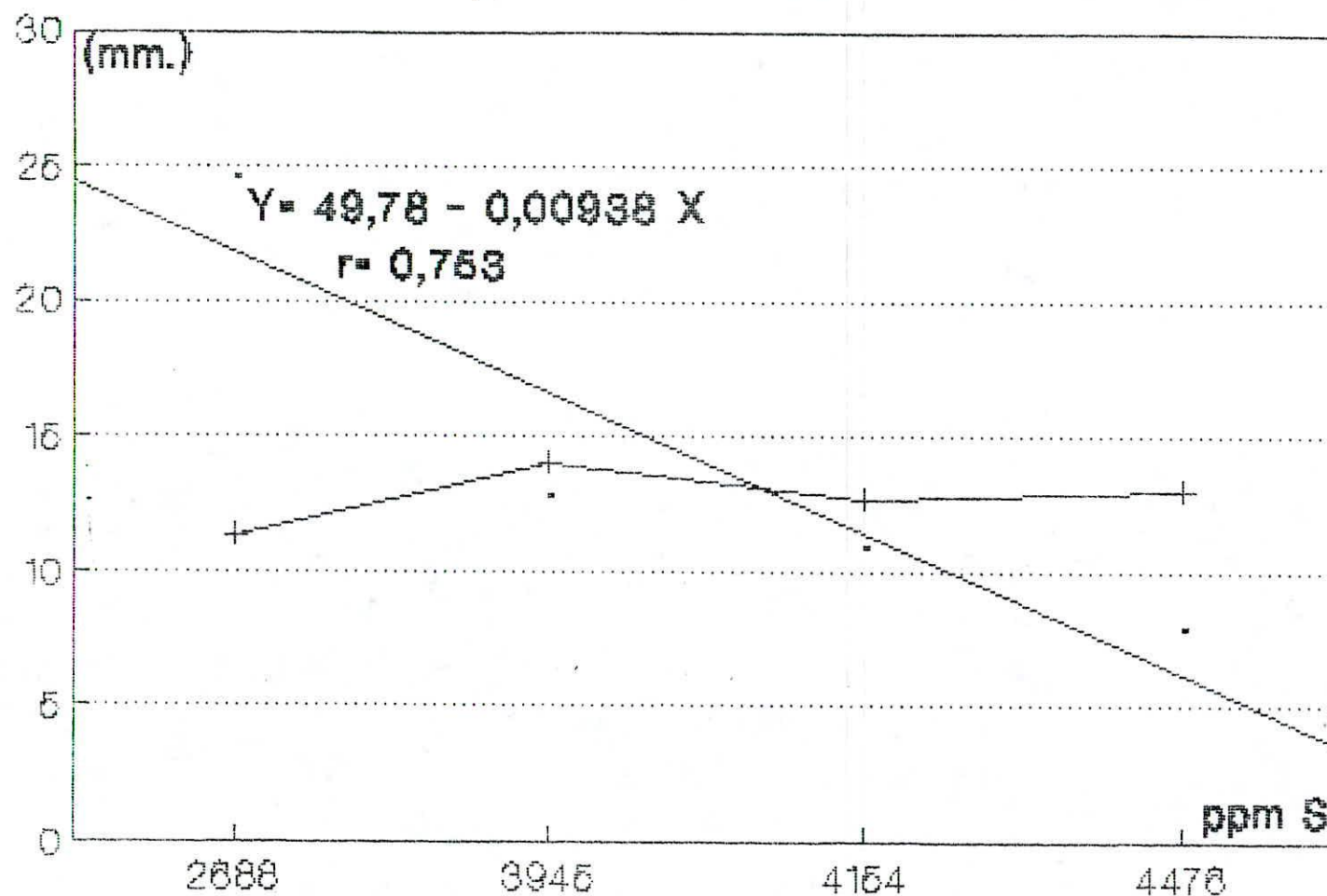
**ANEXO I. Correlacion azufre follar por materia seca al
utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido
de 6-12 ppm de S, del C.I. Caribia de CORPOICA.**



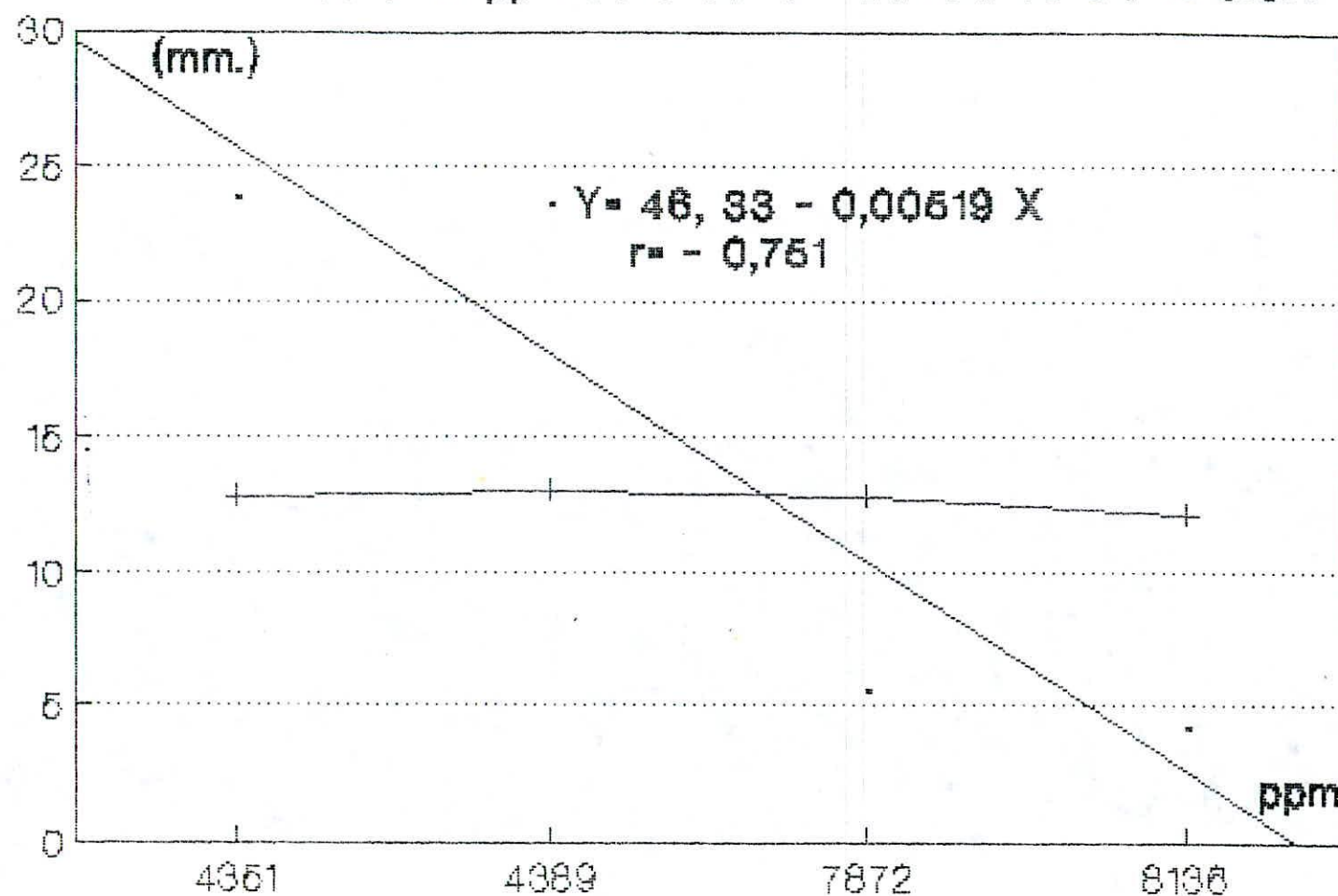
**ANEXO J. Correlacion azufre foliar por materia seca al
utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido
de 0-8 ppm de S del C.I. Caribla de CORPOICA**



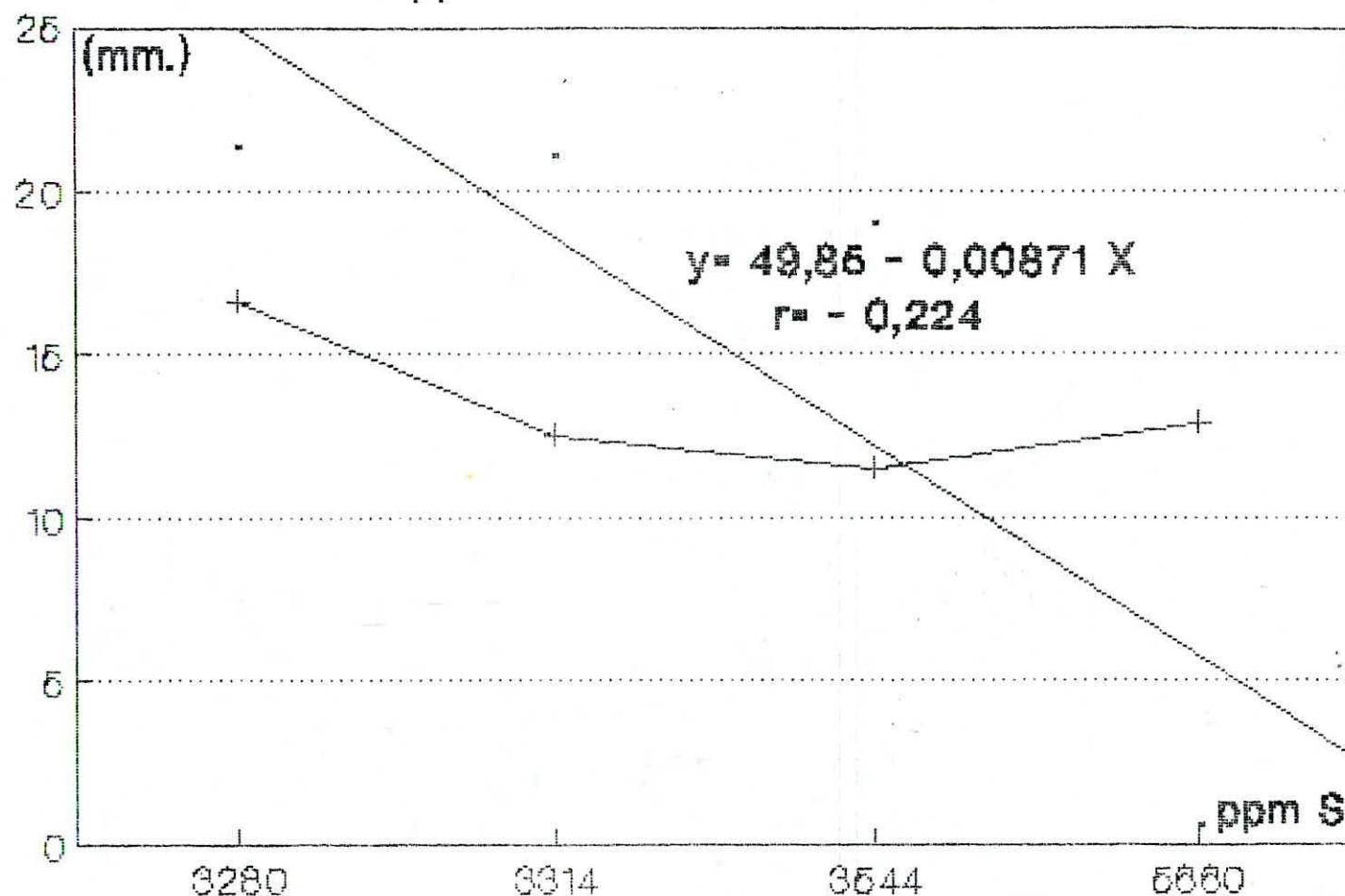
ANEXO K. Correlacion azufre foliar por grosor de tallo al utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido de 0-6 ppm S del C.I. Caribia de CORPOICA



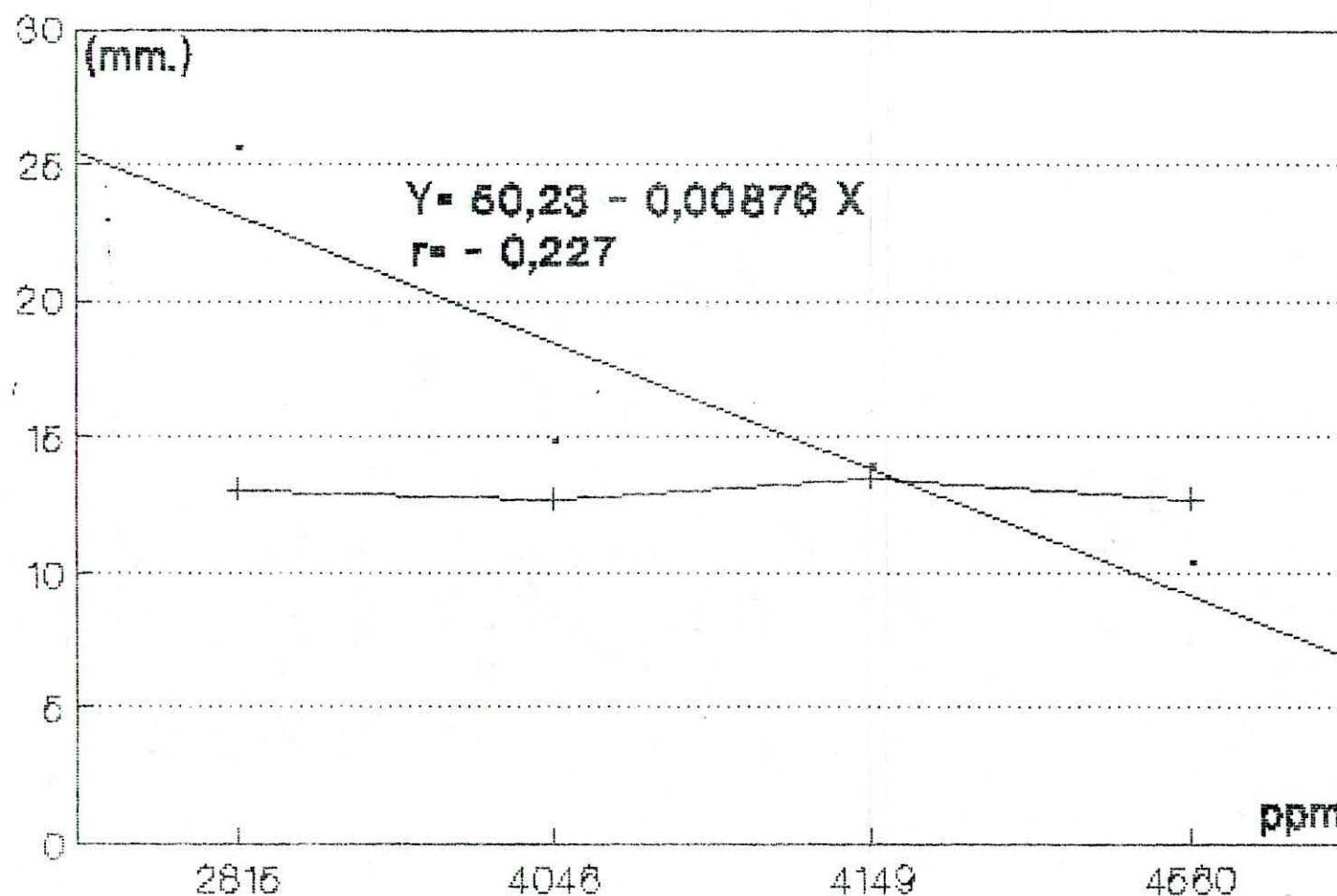
ANEXO L. Correlacion azufre foliar por grosor de tallo al utilizar Sulfato de Amonio en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribla de CORPOICA



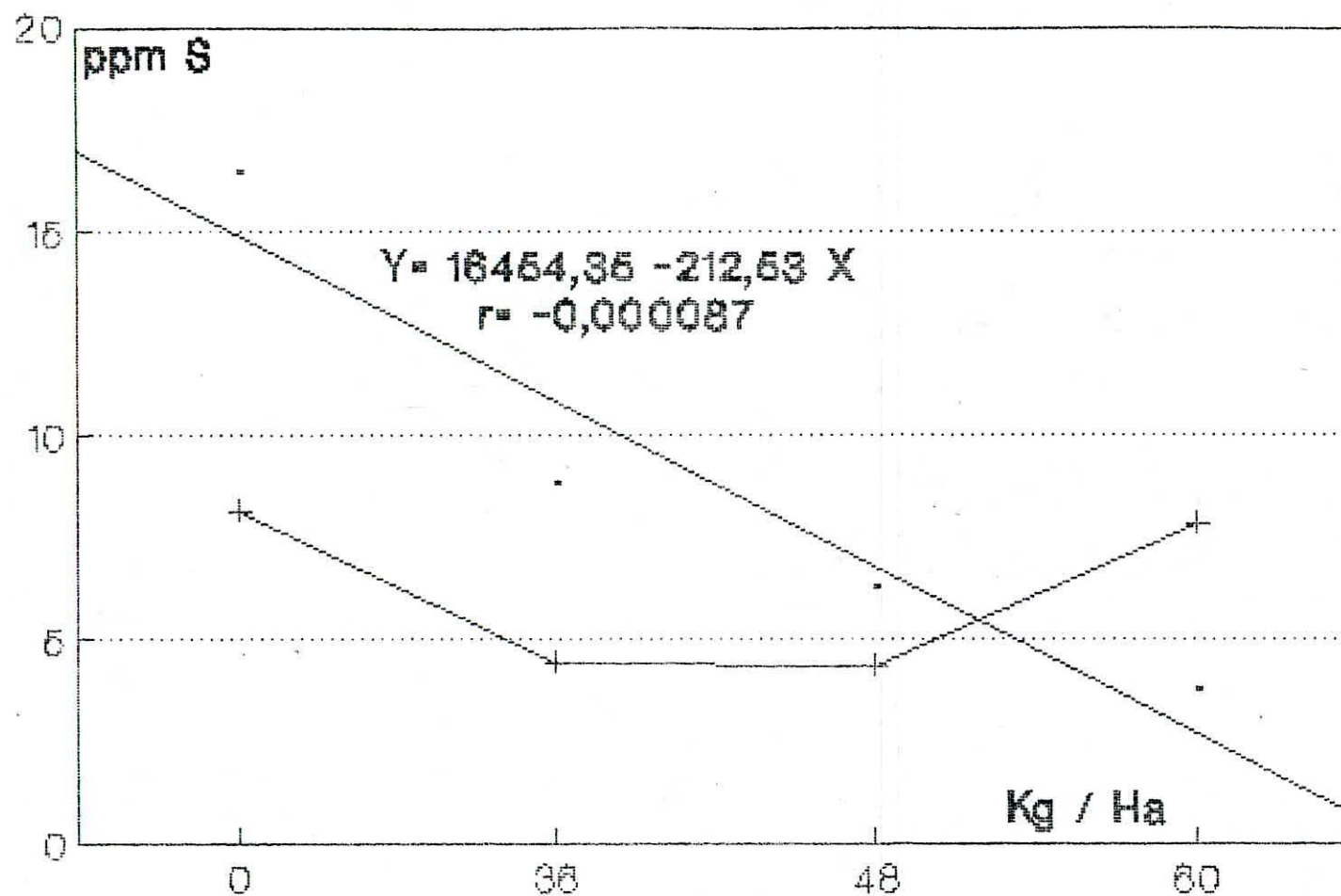
ANEXO M. Correlacion azufre foliar por grosor de tallo al utilizar azufre en flor en suelos con contenido de 0-6 ppm de S del C.I. Caribla de CORPOICA



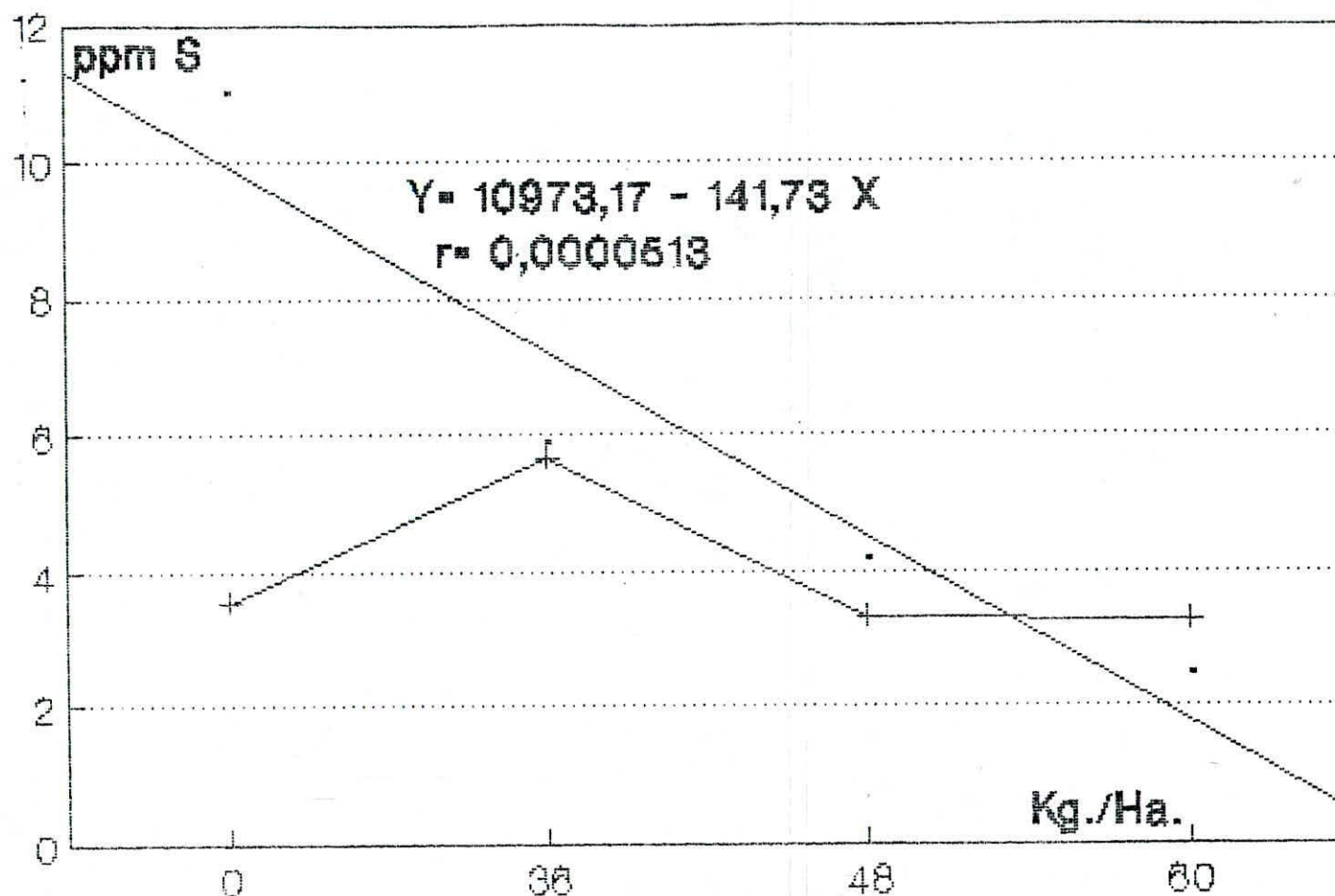
ANEXO N. Correlacion azufre foliar por grosor de tallo al utilizar azufre en flor en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribia de CORPOICA



ANEXO O. Correlacion dosis de Sulfato de Amonio por azufre foliar en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribla de CORPOICA



ANEXO P. Correlacion dosis de azufre en flor por azufre
follar en suelos con contenido de 0-6 ppm de S
del C.I. Caribia de CORFOICA



ANEXO Q. Correlacion dosis de azufre en flor por azufre foliar en suelos con contenido de 6-12 ppm de S del C.I. Caribla de CORPOICA

